

**DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA
MÁQUINA MEZCLO PROCESADORA EN LA EMPRESA COCODELICIA**

**FAVIAN ANDRES GARCIA GRUESO
FRANZ STEVEN MOSQUERA GOMEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRONICA
SANTIAGO DE CALI
2012**

**DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA
MÁQUINA MEZCLO PROCESADORA EN LA EMPRESA COCODELICIA**

**FAVIAN ANDRES GARCIA GRUESO
FRANZ STEVEN MOSQUERA GÓMEZ**

**Pasantía Institucional para optar al título de Ingeniero
Electrónico**

**Director
JIMMY TOMBE ANDRADE
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRONICA
SANTIAGO DE CALI
2012**

Nota de Aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Electrónico en Telecomunicaciones.

Ing. Juan Carlos Mena
Jurado

Ing. Bernardo Sabogal
Jurado

Santiago de Cali, 31 de mayo de 2012

Este trabajo se lo dedicamos a nuestros padres por todo el apoyo que nos brindaron no solo en el transcurso de ésta carrera sino a lo largo de todas nuestras vidas.

Favian Andrés García Grueso, Franz Steven Mosquera

AGRADECIMIENTOS

Siempre hemos considerado, que los logros a nivel individual son el resultado de muchas personas que contribuyen a que estos se hagan realidad. Por esta razón queremos agradecer a las siguientes personas, las cuales contribuyeron a la realización de este trabajo.

Al ingeniero Jimmy Tombe Andrade por guiarnos a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A Víctor Hugo Mejía por todo el apoyo y enseñanza que nos proporcionó para llevar a cabo el proyecto a buen fin.

A la empresa COCODELICIAS que nos brindó un espacio en el cual pudimos desarrollar el proyecto y en especial a la ingeniera Diana García la cual nos asesoró al interior de la empresa.

Y por último a Diana Lizeth Obando y Angie Daniela Vallecilla por el apoyo y paciencia ofrecida en el proceso de realización del proyecto.

CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. ANTECEDENTES	22
3.1. AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN LAS MYPIMES EN COLOMBIA	22
3.2. BENEFICIOS DE LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS	23
3.3. AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINAS MEZCLO PROCESADORAS A NIVEL NACIONAL	24
3.4. AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINAS MEZCLO PROCESADORAS A NIVEL INTERNACIONAL	29
4. MARCO TEÓRICO	32
4.1. ESTRUCTURA DE UN PROCESO AUTOMATIZADO	32
4.1.1. Parte de mando	33
4.1.1.1. PLC	33
4.1.1.2. Fpga	34
4.1.1.3. Microcontrolador	34
4.1.1.4. Pc industrial	34
4.1.1.5. Pld	34
4.1.2. Parte operativa	34
4.1.2.1. Electro válvulas proporcionales	34
4.1.2.2. Electro válvulas On-Off	35
4.1.2.3. Transformadores de ignición	35
4.1.2.4. Taco generador	35
4.1.2.5. Encoder	36

4.1.2.6.	Sensores LVT (Linear Velocity Transducers)	36
4.1.2.7.	Termocuplas	36
4.1.2.8.	Pirómetros	36
4.1.2.9.	Bandas metálicas	36
4.1.2.10.	Sonda capacitiva	36
4.1.2.11.	Sensores ultrasónicos	37
4.1.2.12.	Celda de carga	37
4.2.	NORMATIVIDAD	38
4.2.1.	Norma IEC 61131	38
4.2.2.	Norma IEC 61131-1	39
4.2.3.	Norma IEC 61131-2	39
4.2.4.	Norma IEC 61131-3	40
4.2.5.	Norma IEC 61131-4	40
4.2.6.	Norma IEC 61131-5	40
4.2.7.	Norma ISO 14001.	41
4.2.8.	HACCP.	41
4.2.9.	BPM (Buenas prácticas de manufactura).	42
4.2.10.	Importancia de la ISO 9000 en el diseño de equipos para la industria de alimentos	43
5.	OBJETIVOS	44
5.1.	OBJETIVO GENERAL	44
5.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	44
6.	PROCESO DE PLANEACIÓN DEL PRODUCTO	45
6.1.	ESTUDIO DE MERCADO	45
6.2.	SEGMENTO DE MERCADO	45
7.	PLANTEAMIENTO DE LA MISION	46
7.1.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	46
7.2.	PRINCIPALES OBJETIVOS DE MARKETING	46
7.3.	MERCADO PRIMARIO	46
7.4.	MERCADO SECUNDARIO	46

7.5. PREMISAS Y RESTRICCIONES	47
7.6. PARTES IMPLICADAS	47
8. DESARROLLO CONCEPTUAL	48
8.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	48
8.1.1. Capacidad de producción producto A.	49
8.1.2. Capacidad de producción producto B.	50
8.1.3. Capacidad de producción producto C.	51
8.2. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES	53
8.3. METRICAS Y SUS UNIDADES	54
8.4. MÉTODO DE COMPARACION POR PARES	55
8.4.1. Análisis del método de comparación por pares	55
8.5. JERARQUIZACIÓN DE NECESIDADES	57
8.6. MATRIZ QFD	57
8.6.1. Necesidades Vs requerimientos	58
8.6.2. Nivel de importancia requerimientos vs Necesidades.	59
8.6.3. Relación de los requerimientos	60
8.6.4. Análisis del nivel de importancia requerimientos vs Necesidades.	61
8.7. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.	61
8.7.1. Descomposición funcional	61
8.7.2. Sub funciones	63
8.7.2.1. Sistema de control mezclo procesadora	64
8.7.2.2. Descomposición funcional del medidor	65
8.7.2.3. Descomposición funcional interface de usuario	65
8.7.2.4. Descomposición funcional del controlador	66
8.8. GENERACIÓN DE CONCEPTOS PARA SUB FUNCIONES	66
8.9. GENERACIÓN DE CONCEPTOS DE DISEÑO	69
8.10. COMBINACIÓN DE CONCEPTOS	70
8.11. ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE DISEÑO	72
8.12. SELECCIÓN DE CONCEPTOS	81
8.13. MATRIZ DE TAMIZAJE	82

8.13.1. Análisis de resultados	83
8.14. SELECCIÓN DETALLADA DE CONCEPTOS	84
8.14.1. Concepto seleccionado	85
9. DISEÑO A NIVEL DEL SISTEMA	86
9.1. ARQUITECTURA DEL PRODUCTOS	86
9.2. INTERACCIÓN ENTRE MÓDULOS	88
9.3. ARQUITECTURA MECÁNICA	89
9.4. DISTRIBUCCION GEOMÉTRICA	90
9.5. ARQUITECTURA A DIFERENTES NIVELES	90
9.6. ARQUITECTURA A NIVEL DEL SISTEMA ELECTRICO	90
10. DISEÑO INDUSTRIAL	91
10.1. VALORACION DEL DISEÑO INDUSTRIAL	91
10.1.1. Necesidades ergonómicas y estéticas.	91
10.2. PREDOMINIO TECNOLÓGICO	93
11. DISEÑO DETALLADO	94
11.1. ENTRADAS DIGITALES Y ANALOGAS DEL SISTEMA	94
11.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA	97
11.3. DIAGRAMA DE ESTADOS DEL SISTEMA	102
11.4. DISPOSITIVOS SELECCIONADOS Y MODULOS DISEÑADOS	103
11.5. PROGRAMACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO	103
11.6. ANÁLISIS EN LA SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO	104
11.6.1. PIC12C508/509, PIC12F629/675	104
11.6.2. Microcontrolador PIC16F84	104
11.6.3. Microcontrolador PIC16F88.	105
11.6.4. Microcontrolador PIC16F87X y PIC16F87XA.	105
11.6.5. Microcontrolador PIC18F2550.	105
11.6.6. Microcontrolador ATMEL T89C52.	105
11.6.7. Microcontrolador DSPIC30F3011.	105
11.6.8. Microcontrolador T89C51CC01.	106

11.7. DISEÑO DEL MÓDULO DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD PARA EL MOTOR DE INDUCCIÓN EN LOS MEZCLADORES 1 Y 2.	106
11.7.1. Diseño etapas del sistema.	107
11.7.2. Diseño del compensador.	107
11.7.3. Diseño etapa digital.	115
11.7.4. Diseño etapa de potencia.	117
11.7.5. Diseño etapa de aislamiento.	118
11.8. ANALISIS DE LA SELECCIÓN DE SENSORES Y DISEÑO DE ACONDICIONADORES DE SEÑAL.	119
11.8.1. Celdas de carga para la medición del peso en ingredientes con granulometría.	122
11.8.1.1. Celda de Carga WIM WLC-SB.	120
11.8.1.2. Celda de carga WIM WLC-SX.	120
11.8.1.3. Análisis Acondicionamiento de señales en celdas de carga.	121
11.8.1.4. Puente de Wheatstone y amplificador de instrumentación para acondicionamiento en celda WIM WLC-SX.	122
11.8.2. Sensado de la temperatura en mezcladores.	123
11.8.2.1. Acondicionamiento de señal para termocupla.	125
11.8.3. Sensado de la velocidad en los mezcladores.	125
11.8.3.1. Acondicionamiento de Señal para Tacogeneradores.	126
11.9. ANÁLISIS SELECCIÓN DE ACTUADORES.	127
11.9.1. Selección electroválvulas para ingredientes líquidos.	127
11.9.2. Selección electroválvulas para el paso de gas a hornillas 1 y 2.	128
11.9.3. Selección transformador de ignición.	129
11.9.4. Selección de relé.	130
12. PROTOTIPADO.	132
12.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO.	133
12.1.1. Especificaciones para el diseño de la planta.	133
12.2. DIMENSIONES DE LOS TANQUES DE DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS.	134

12.2.1. Diseño tanque de dosificación de líquido.	135
12.2.2. Prototipo 3D tanque de dosificación de líquido.	135
12.3. TANQUE DE DOSIFICACIÓN DE SOLIDOS.	136
12.3.1. Prototipo 3D tanque de dosificación de sólidos.	136
12.4. DISEÑO PANEL DE CONTROL DE LA MÁQUINA. MEZCLO PROCESADORA.	137
12.5. DISEÑO DE TRANSPORTADORA DE INGREDIENTES SOLIDOS.	138
13. DISEÑO PARA LA MANUFACTURA Y ENSAMBLE.	140
13.1. ANALISIS DEL DISEÑO PARA LA MANUFACTURA (DPM).	140
13.1.1. Lista de componentes.	140
13.2. COSTO DE MONTAJE	142
13.3. COSTO DE PRODUCCIÓN	142
13.4. INGRESOS	143
13.5. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	143
14. DISEÑO PARA LA SEGURIDAD INDUSTRIAL.	146
15. MANTENIMIENTO.	147
15.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	147
15.1.1. Mantenimiento motor principal	148
15.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO	150
15.2.1. Análisis probabilístico de máquina mezcladora sin Automatización.	150
15.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.	152
16. CONCLUSIONES.	153
17. RECOMENDACIONES	154

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Inconvenientes y consecuencias del proceso existente.	21
Cuadro 2. Características del proceso Producto A.	49
Cuadro 3. Proporciones de ingredientes producto A.	49
Cuadro 4. Características del proceso Producto B.	50
Cuadro 5. Proporciones de ingredientes producto B	50
Cuadro 6. Características del proceso Producto C.	51
Cuadro 7. Proporciones de ingredientes producto C.	51
Cuadro 8. Necesidades del cliente.	53
Cuadro 9. Lista de necesidades, requerimientos y métricas.	54
Cuadro 10. Cuadro de comparación por pares.	56
Cuadro 11. Cuadro de necesidades vs. requerimientos de diseño.	58
Cuadro 12. Nivel de importancia requerimientos vs necesidades.	59
Cuadro 13. Método estructurado matriz de selección.	82
Cuadro 14. Selección detallada de conceptos.	84
Cuadro 15. Entradas del Sistema.	94
Cuadro 16. Salidas del sistema.	95
Cuadro 17. Dispositivos seleccionados y módulos diseñados.	103
Cuadro 18. Salida de voltaje en las galgas. Configuración puente de Wheatstone.	122
Cuadro 19. Sensores industriales termocuplas tipo j, k PT100.	124
Cuadro 20. Criterios de selección del transformador de ignición.	130
Cuadro 21. Especificaciones para el desarrollo del diseño.	133
Cuadro 22. Materiales más usados para la estructura y los tanques de dosificación.	134
Cuadro 23. Medidas de tanques de dosificación.	135
Cuadro 24. Medida de tanques de dosificación sólidos.	136
Cuadro 25. Lista de componentes.	140

Cuadro 26. Mano de Obra Mensual.	142
Cuadro 27. Materiales.	142
Cuadro 28. Costos de producción.	142
Cuadro 29. Costos de empaque.	143
Cuadro 30. Información financiera del flujo de fondos.	143
Cuadro 31. Características de producción maquina mezclo procesadora sin automatizar.	145
Cuadro 32. Características de producción maquina mezclo procesadora automatizada.	145

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mezcladores de listones para diversas aplicaciones alimenticias.	25
Figura 2. Mezcladores de lecho fluidizado mecánico.	26
Figura 3. Mezclador para Alimentos.	29
Figura 4. Implementación de mezclador en línea de producción.	30
Figura 5. Implementación de máquina de procesado y dosificación.	31
Figura 6. Estructura genérica del control en un proceso con PLC.	33
Figura 7. Acople de un Tacogenerador en el rotor de un motor.	35
Figura 8. Descripción del proceso.	52
Figura 9. Jerarquización de necesidades.	57
Figura 10. Relaciones de los diferentes requerimientos.	60
Figura 11. Máquina mezclo procesadora.	62
Figura 12. Caja negra del sistema.	62
Figura 13. Esquema de descomposición funcional.	63
Figura 14. Sistema de control.	64
Figura 15. Medidor.	65
Figura 16. Interface de usuario.	65
Figura 17. Controlador.	66
Figura 18. Combinación de conceptos.	69
Figura 19. Esquema concepto A.	70
Figura 20. Esquema concepto B.	70
Figura 21. Esquema concepto C.	70
Figura 22. Esquema concepto D.	70
Figura 23. Esquema concepto E.	70
Figura 24. Esquema concepto F.	71
Figura 25. Esquema concepto G.	71
Figura 26. Esquema concepto H.	71

Figura 27. Esquema concepto I.	71
Figura 28. Medición de nivel por medio de electrodos.	76
Figura 29. Medición de nivel por medio de sonda capacitiva.	77
Figura 30. Rotor del motor en la mezcla procesadora.	79
Figura 31. Acople de Tacogenerador a motor.	80
Figura 32. Ponderación concepto generado.	83
Figura 33. Esquema Concepto E.	85
Figura 34. Interacción entre elementos físicos y funcionales .	86
Figura 35. Arquitectura electrónica.	87
Figura 36. Esquema general del producto por bloques funcionales.	88
Figura 37 Arquitectura mecánica.	89
Figura 38. Distribución Geométrica.	90
Figura 39. Necesidades Ergonómicas.	92
Figura 40. Necesidades Estéticas.	92
Figura 41. Clasificación del producto.	93
Figura 42. Diagrama del sistema.	96
Figura 43. Diagrama de flujo del sistema de control.	97
Figura 44. Diagrama de estados del sistema de control.	102
Figura 45. Diagrama a bloques de las etapas del sistema.	107
Figura 46. Gráfica del modelo estático señalando el valor de la entrada escalón y la salida de su respuesta.	108
Figura 47. Modelo dinámico del sistema al aplicarle una entrada escalón.	108
Figura 48. Diagramas de bode de la función de transferencia en lazo abierto.	112
Figura 49. Diagramas de bode del sistema con el compensador en lazo cerrado.	113
Figura 50. Respuesta del compensador a un escalón unitario.	113
Figura 51. Esquemático del compensador PI.	115
Figura 52. Diagrama de flujo del programa de implementación de la técnica SVM.	116

Figura 53. Hardware necesario para implementar la técnica SVM.	116
Figura 54. Inversor trifásico de 2 niveles.	117
Figura 55. Diagrama de conexión del opto-acoplador 6N137.	118
Figura 56. Diagrama de conexión del driver IR2110 para una rama del inversor trifásico.	119
Figura 57. Sistema de pesaje para ingredientes con granulometría .	120
Figura 58. Celda de carga.	120
Figura 59. Celda de carga tipo viga.	121
Figura 60. Módulo de acondicionamiento 1.	121
Figura 61. Puente de Wheatstone celdas de carga.	122
Figura 62. Amplificador de instrumentación para la celda WIM WLC-SX.	123
Figura 63. Termocupla con encapsulado, Medición temperatura en mezcladores 1 y 2.	124
Figura 64. Acondicionamiento de señal para termocupla.	125
Figura 65. Tacogenerador IP 55	125
Figura 66. Acondicionador del tacogenerador con amplificador operacional	126
Figura 67. Electroválvulas CEME 6712. Para el fluido de líquidos.	128
Figura 68. Electroválvula proporcional. Control del gas en boquillas 1 y 2.	128
Figura 69. Regulación de la electroválvula con respecto al voltaje de entrada.	129
Figura 70. Transformador de ignición para las boquillas 1 y 2.	130
Figura 71. Relé modelo 4051. Para la activación de electroválvulas.	131
Figura 72. Diferentes prototipos a desarrollar.	132
Figura 73. Prototipo 3D tanque de dosificación para líquidos.	135
Figura 74. Prototipo 3D tanque de dosificación para líquidos.	136
Figura 75. Vistas ortogonales de la transportadora de panel de control.	137
Figura 76. Prototipo 3D panel de control de mezcla procesadora.	137
Figura 77. Vistas ortogonales de la transportadora de ingredientes.	138
Figura 78. Prototipo 3D transportadora de ingredientes sólidos.	138

Figura 79. Prototipo 3D máquina mezclo procesadora.	139
Figura 80. Diagrama de flujo de fondos	144
Figura 81. Dotación necesaria para operar la máquina.	147
Figura 82. Motor principal de mezcladores.	148
Figura 83. Engranés del motor principal.	149
Figura 84. Partes del motor que deben ser lubricadas.	149

RESUMEN

El presente proyecto realiza una descripción detallada que permite obtener el diseño para automatizar el proceso realizado por la máquina mezcladora procesadora de la empresa COCODELICIAS. Como metodología para llegar a tal fin, se ha escogido el diseño concurrente ya que permite integrar sistemáticamente y en forma simultánea el diseño de productos y procesos, para que sean considerados desde un principio todos los elementos del ciclo de vida de un producto, desde la concepción inicial hasta su disposición final. Considerando la voz del cliente como estrategia para llegar al mejor diseño

La automatización del proceso realizado por la máquina comprende controlar 3 etapas (Sistema de dosificación, control de temperatura, control en la velocidad de mezclado). Se ha seleccionado como unidad de procesamiento los microcontroladores ATMEL 89C52C001 y un Controlador Digital de Señal dsPIC30F3010. Se integraron al diseño dispositivos de captación de señal y actuadores eléctricos (Termocuplas, tacogeneradores, sensores de nivel, electroválvulas y transformador de ignición entre otros) que permiten conocer información operativa del proceso y modificar las variables a controlar para crear un sistema fiable.

Finalmente el proceso se puede visualizar por medio de una interfaz hombre máquina (HMI) que permite seleccionar el producto a desarrollar para que el sistema realice una dosificación exacta de los ingredientes necesarios teniendo adicionalmente un control de la temperatura de la mezcla y la velocidad de mezclado dependiendo de las características del producto.

Es importante mencionar que la solución no se ha planteado desde el punto de vista de un proyecto integrador el cual articula simplemente tecnologías existentes sino que también se han hecho diseños electrónicos y mecánicos pensando en las necesidades del cliente desde el punto de vista tecnológico y económico.

Palabras Claves: Automatización, controladores, actuadores, sensores, tecnologías, diseño concurrente, optimización de procesos, microcontroladores, interfaz, seguridad industrial, eficiencia, ergonomía y producción.

INTRODUCCIÓN

El concepto de automatización de procesos se considera en la actualidad como la integración de dispositivos electrónicos, mecánicos y eléctricos, que permitan crear sistemas con mínima intervención humana. Dichas integraciones buscan finalmente solucionar algunos inconvenientes que se presentan a diario en cualquier industria. Estas soluciones a nivel técnico, no deben salirse de las reglamentaciones y normas que para este caso presenta la industria alimenticia.

Considerando que la automatización de procesos industriales permite un mejor desarrollo laboral incrementando los niveles de producción. Los directivos de la empresa COCODELICIA que pertenece al sector de los alimentos han considerado mejorar uno de los sistemas de producción, relacionado directamente con la máquina mezcla procesadora. Para ello se ha diseñado la automatización del proceso productivo para la máquina mezcla procesadora. Este diseño permite gestionar variables en el proceso e integrar un sistema de visualización (interface HMI) de control y operación computarizada, por medio de la cual se pueda monitorear y operar variables como la temperatura, velocidad de mezclado y la selección de algunos dosificadores, los cuales contienen diferentes tipos de ingredientes, bajo las formulas ya normalizadas al interior de la empresa.

Adicionalmente, se integran sistemas de alarmas que indiquen continuamente señales como: nivel o cantidad de algunos ingredientes en los dosificadores, niveles de temperatura no deseados en el proceso para cada uno de los productos a realizar. Todo esto sin dejar de lado la seguridad y la ergonomía del nuevo diseño, logrando de esta manera que los operarios trabajen en completa seguridad industrial. Que es uno de los ítems más importantes de las reglamentaciones existentes hacia la industria de alimentos según la norma HACCP.

Adicionalmente, con la realización de este proyecto se pretende:

- Visualizar estados e información operativa del sistema.
- Integrar la gestión y producción.
- Disminuir los tiempos de parada en mantenimiento del sistema.
- Evitar que constantemente se deteriore el motor de la mezcla procesadora por el arranque inadecuado.
- Diseñar la interface gráfica que permita monitorear y controlar algunas variables en el proceso.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La economía nacional, deben orientarse hacia la competitividad que exige el mundo globalizado. En este sentido, la empresa COCODELICIA perteneciente al sector de los alimentos, se está preparando para mejorar su productividad y rentabilidad, ofreciendo sobre todo productos con los estándares requeridos por los diferentes tipos de mercados, integrando métodos modernos y técnicas eficientes de automatización aplicadas a la producción.

Actualmente una parte del proceso productivo de la empresa se desarrolla a través de la máquina mezclo procesadora que funciona de forma manual, generando entre otros bajos niveles productivos, prácticas inadecuadas en medición y control de variables como: temperatura, velocidad de mezclado. Lo generando pérdidas de tiempo en la ejecución del proceso, inexactitud en el abastecimiento de ingredientes, métodos inseguros de operación y costos elevados en la elaboración de los productos.

Al interior de la empresa, el sensado de variables como la temperatura y cantidad de ingredientes se realiza por parte de un operario, además la velocidad de mezclado y la temperatura no deben ser constantes para todas las mezclas realizadas por el sistema. Adicionalmente la cantidad de cada ingrediente en la mezcla no es precisa dado que continuamente los operarios tienen equivocaciones en la medición de estos, causando inconvenientes en la textura y uniformidad del producto.

Existe entonces la necesidad de controlar estas variables ya que son de mucha importancia y repercuten sobre la calidad del producto final. Es necesario disminuir, porcentualmente la participaron de los operarios con esta máquina, disminuir los tiempos de producción, permitiendo que el operario tenga un mejor rendimiento laboral y realice de un trabajo eficiente.

A partir del planteamiento anterior, se genera la siguiente pregunta a estudiar:

¿Qué diseño sería óptimo para automatizar el proceso (dosificación control de mezclado y control de temperatura), realizado por esta máquina, que permita realizar dichas funciones de forma eficiente, segura y que se cumplan estándares de calidad hacia el producto y proceso?

2. JUSTIFICACIÓN

La automatización de los procesos industriales, se ha convertido en las últimas décadas, en una ventaja comparativa y competitiva de algunas empresas frente a otras. Algunos empresarios que han podido entender este concepto y su implementación seguramente describan muchos beneficios generados a partir de los procesos automatizados, incorporados en sus líneas de producción. Quizás otros aseguren que sus empresas funcionen eficientemente sin la necesidad de la automatización de procesos. Puede haber muchas diferencias o criterios comunes. Pero debe entenderse que la automatización de procesos no debe ser un “capricho” de una persona o de un grupo de personas que conforman el departamento de producción de una empresa. La automatización de procesos debe ser la consecuencia de un análisis detallado, por medio del cual se realice una valoración de ciertas condiciones operativas del proceso, condiciones técnicas, niveles de producción, etc. Se realizará un análisis detallado sobre algunos inconvenientes que se presentan en la empresa COCODELICIA por causa de la operación manual de la máquina mezcladora procesadora.

El cuadro 1 describe detalladamente los inconvenientes y consecuencias que se presentan comúnmente en el proceso realizado por esta máquina.

Cuadro 1. Inconvenientes y consecuencias del proceso existente

INCONVENIENTES	CONSECUENCIAS
Producción manual lenta.	Bajo nivel de producción.
Forma inadecuada en el arranque del motor.	Bajo nivel de producción.
Adicción inexacta de ingredientes.	Ocasiona gastos en mantenimiento por daños permanente en el sistema.
No existen controladores de temperatura y velocidad de mezclado.	Puntos de temperatura inadecuados y velocidades de mezclado no apropiado (variables sin control).
No existe control automático en el suministro de gas.	Es difícil obtener un control de la temperatura.
El alto consumo energético por el mal funcionamiento del motor.	Incremento en la facturación del servicio de energía.
Inseguridad industrial.	Niveles de riesgos altos.

3. ANTECEDENTES

3.1. AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN LAS MYPIMES EN COLOMBIANAS

Muchas de las estrategias que han desarrollado los gobiernos en Colombia, en los últimos años para reactivar el empleo, han sido encaminadas al apoyo de las pequeñas y medianas empresas, facilitando que estas pueda acceder a la integración de tecnologías en sus líneas de producción. “*Según investigaciones realizadas por ACOPI Asociación Colombiana de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Mypymes)- Bogotá Cundinamarca, El 75% del motor generador de empleo en nuestro país está concentrado en las MYPYMES*”.¹

Lo anterior lleva a muchos analistas económicos, a considerar que el apoyo a este sector es la única solución para que Colombia pueda reactivar su economía mejorar sus exportaciones y que finalmente pueda desarrollar su sector industrial. Lo anterior debe ser la cooperación de muchas fuerzas, por un lado el gobierno facilitando préstamos a tasas de interés muy bajas, de fácil acceso y con proyectos claros. Las universidades brindando capacitaciones y creando modelo y soluciones a todo nivel (ingenieras, administrativas, económicas, psicológicas, etc.) se debe pensar que las grandes empresas algún día empezaron siendo pequeñas. Debemos preparar este sector para Colombia y para el mundo. Las pequeñas y medianas empresas Colombianas deben estar preparadas a los tratados internacionales, los cuales crean los gobiernos para reactivar algún sector.

El gobierno nacional debe apostarle a que las empresas del sector de los alimentos le apunten al aseguramiento de la calidad de sus productos, cumpliendo normas internacionales tales como las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), las cuales permitirían que los productos de nuestra industria alimentaria cumplan normas de identidad, concentración, seguridad y eficacia, garantizando finalmente los requerimientos de calidad y necesidad del cliente. Optar normas HACCP las cuales garantizarían un análisis detallado de peligros, puntos críticos y estimación de riesgos los cuales pueden afectar la inocuidad de un alimento, lo anterior debe ser la carta de presentación de nuestras pequeñas y medianas empresas, permitiendo que este no sea un tema solo de las grandes empresas. Adoptando normas que aunque suene “cruel”, permitan garantizar que los alimentos realizados en Colombia no causen daño al consumidor.

¹ Las mypimes en Colombia: evolución, desarrollo y fomento Disponible en Internet <http://sirem.supersociedades.gov.co/SIREM/files/estudios/LasmipymesenColombia.pdf>

La reglamentación hacia la industria de los alimentos por medio de las normas mencionadas anteriormente y normas como ISO 9000:2000 tratan de encaminar a las empresas de este sector hacia un sistema integral de gestión de calidad cuya aplicación garantice continuamente el control de las funciones o actividades técnicas, humanas y administrativas para mejorar la calidad final del producto.

3.2 BENEFICIOS DE LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

La automatización de procesos en la industria de alimentos debe permitir integrar gestión y producción, dos tareas que van de la mano para lograr procesos eficientes, integrales y que finalmente cuenten con la capacidad para sufrir modificaciones tecnológicas con gran facilidad. Los procesos automatizados no deben ser diseñados de forma estática, ya que un cambio en alguna parte del proceso causaría grandes modificaciones que se verían reflejadas en la parte económica de la empresa, según Enrique Amoleto, en su libro Administración de la producción como ventaja competitiva.

“para una empresa industrial no siempre la mejor decisión tecnológica es la mayor automatización posible hay que tener criterios para analizar las condiciones de cada caso tomar decisiones adecuadas hay que tener en cuenta que recurrir a las altas tecnologías automatizadas suelen suponer una alta inversión inicial, un alto nivel de costos fijos, un alto nivel de mantenimiento y cierta disminución de la flexibilidad y agilidad de respuesta aunque estos dos últimos factores tienden a solucionarse con los sucesivos avances en la tecnologías más recientes en la automatización.”²

“Sin duda para producciones en gran escala o con una alta repetitividad las ventajas de la automatización superan con creces a sus inconvenientes permitiendo:”³

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.

² AMOLETO, E. Administración de la producción como ventaja competitiva, 2 ed, p.17

³ Juan domingo Peña. Introducción a los Autómatas Programables, p.24 18

- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

3.3 AUTOMATIZACION DE MÁQUINAS MEZCLO PROCESADORAS A NIVEL NACIONAL

En la actualidad, las innovaciones de mayor impacto en Colombia están relacionadas con automatizaciones industriales aplicadas a la industria de alimentos. Ya que han generado un gran contraste entre los procesos de producción anteriores y la adaptación a nuevas condiciones tecnológicas en los procesos de producción industrial colombiano.⁴ Se ha demostrado una clara evidencia sobre el progreso tecnológico y las posibilidades que este brinda en el desarrollo de nuevos procedimientos a nivel industrial. Por esta razón la automatización implementada por una empresa es una clave esencial para aumentar la productividad, acortar el lanzamiento de productos y cumplir las exigencias del mercado. Estos retos se presentan tanto en la industria de procesos como en la industria manufacturera, es decir con etapas de producción tipo proceso y tipo manufacturero, como es la industria alimentaria.⁵

Durante muchos años la industria latinoamericana ha utilizado procesos tradicionales de baja intensidad para la mezcla de alimentos, empleando equipos de baja velocidad, tales como mezcladoras de listón o similares.

Después de la apertura económica, las importaciones de este tipo de tecnologías sufrieron un incremento. Colombia se convirtió en comprador de todo tipo de tecnologías para vincularlas en sus líneas de producción.

⁴ AYALA, Ulpiano; BERNAL, María Elisa y MÉNDEZ, Juana. Aspectos sobresalientes de la automatización industrial en Colombia y su impacto sobre el empleo. Desarrollo y sociedad, 2008. www.economia.uniandes.edu.co

⁵ MOYA, Eduardo J. Automatización en la industria alimentaria. Director del Área de Instrumentación y Control de Procesos. Disponible en internet: <http://www.ctnc.es/recursos/publico/Ponencias%20IV%20Symposium/EduardoMoya.pdf>

Las mezcladoras de listón (Mezcla simple: Polvos) fueron apareciendo en el contexto industrial colombiano, estos han sido por lo general los equipos más comúnmente empleados en la industria alimentaria para la realización de diferentes tipos de productos, debido ante todo a su bajo costo y relativa disponibilidad. Estas máquinas se caracterizan por su baja velocidad (entre 20 y 40 RPM) y mínimo consumo de potencia, cuyo diseño de helicoidales interiores está constituido con uno exterior y otro interior.

Este tipo de mezcladora genera un movimiento interno de las partículas en diferentes direcciones dentro de un recipiente horizontal. Las mezclas simples de productos secos tienen un tiempo de proceso entre 20 y 30 minutos. Durante más de 25 años estas mezcladoras han sido parte del proceso de mezclado en industrias como Maicena y Colombina. En la figura1, se puede observar una típica mezcladora de listón. La cual permite mezclar toda clase de productos secos, granulados y en polvo, así como algunos húmedos y pastosos, tales como sopas, cereales, saborizantes, harinas y masa, para obtener una mezcla homogénea de los mismos.

Figura 1. Mezcladores de listones para diversas aplicaciones alimenticias



Fuente: Mezcladores FKM de Alta Eficiencia en Alimentos: Documento informativo, 2010. [Consultado 2 de julio de 2011] Disponible en internet <http://www.mezcladores.com/946/37701.htm>

A nivel nacional las industrias procesadoras de alimentos han incorporado prácticas de mezclado de ingredientes con densidades diversas o heterogéneas, ejemplo de ello: Nestlé, Alpina, Postobón, entre otras. Estas técnicas han permitido la producción de refrescos en polvo, instantaneizados, dispersiones de grasas en polvo, secados de pastas y granulados en general. Por esta razón la tecnología ha desarrollado mezcladores basados en el principio de fluidizado mecánico del producto y mezcladores modernos de mayor eficiencia en los procesos.

Nestlé y algunas empresas del sector de los lácteos, han incorporado en sus líneas de producción este tipo de mezcladores, logrando manejar densidades diversas, dispersiones de líquidos en polvos de altísima eficiencia, como es el caso del encapsulado con lecitina de polvos, lácteos para instantaneizados y secados al vacío a baja temperatura. Para evitar la degradación del producto, granulados de alta calidad y control de granulometría, a través de mecanismos desaglomeradores incorporados, todo en un mismo equipo. En la figura 2 se puede observar este tipo de mezcladores de lecho fluidizado mecánico.

Figura 2. Mezcladores de lecho fluidizado mecánico



Fuente: mezcladores FKM de Alta Eficiencia en Alimentos: Documento informativo, 2010. [Consultado 2 de julio de 2011] Disponible en Internet <http://www.mezcladores.com/946/37701.html>

Los equipos de fluidizado mecánico se han utilizado exitosamente en Latino América como en el resto del mundo industrializado.

En Colombia este tipo de equipos han sido instalados en algunas empresas como Nestlé y Colombina para la elaboración de refrescos y gelatinas instantaneizadas han logrado generar excelentes resultados en cuanto a granulometría adecuada y libre de grumos indeseables, en un tiempo aproximado de 8 - 10 minutos.

Lo anterior se refleja en la calidad del producto final, realizado por dichas empresas. Estos equipos tienen la capacidad de incorporar sistemas de lecitinado

e instantanizado por medio de mezcladores al proceso de fabricación de saborizantes y aditivos alimenticios, en donde la alta eficiencia del mezclado, incluyendo su gran capacidad de distribución de aceites, permite minimizar el porcentaje de ciertos componentes de alto costo en la mezcla, manteniendo los parámetros de calidad y sabor requeridos, lo que ha logrado reducir el costo final del producto hasta en un 24%, contra la utilización de mezcladores convencionales. Para éstas aplicaciones, el tiempo por lote estimado es de 3 a 4 minutos, incluyendo el proceso de rompimiento de grumos indeseables, contra los 20 a 30 minutos comúnmente empleados en mezcladores de baja eficiencia.

La adición superior de grasas por esperado, para la incorporación de éstas en las mezclas de harinas pasteleras, resulta en un producto de altas especificaciones y gran calidad, reduciendo los problemas tan comunes que la incorporación de los “batidos” de crema presentan el uso intermitente de los desaglomeradores inferiores, operando en forma independiente al eje principal, permite un control preciso de la granulometría a la descarga, sin grumos formados por una inadecuada distribución de grasas en las harinas.

Una necesidad creciente en la industria alimenticia es el obtener polvos secos sin elevar la temperatura durante el proceso, que comúnmente degrada el color, sabor o tiempo de anaquel del producto. Para esto, el secado a vacío representa una alternativa viable de bajo costo, en donde éste tipo de equipos se emplean exitosamente.

En Colombia y algunos países de América latina todos estos sistemas han sido utilizados para la realización de:

- Gelatinas
- Bebidas en Polvo
- Sopas secas
- Saborizantes, Especies y Endulzantes
- Harinas Preparadas
- Pastas de chocolate y Mazapanes
- Instantanizados
- Consomés de Pollo
- Golosinas

“Los países que hoy juegan un rol importante en esta industria a nivel mundial han logrado consolidarse porque han incorporado full tecnología a sus procesos. En Chile, cada vez son más empresas las que necesitan automatizarse para cumplir

*con los altos estándares de calidad que les exigen sus compradores por esta razón los mezcladores de todo tipo, en la industria de alimentos, presentan un incremento en las líneas de producción.*⁶

El sector local ha mostrado también gran interés por emplear procesos de automatización en el interior de su industria alimentaria, como es el caso de Unilever Colombia planta de Alimentos, en donde se aprecia la funcionalidad de una línea de empackado focalizándose en la tecnología aplicando la automatización.

En Unilever Colombia planta de Alimentos, se encuentra la línea de empackado y mezcla de salsa de tomate, una solución integral se diseñó para el tratamiento y manipulación de sobres de aluminio verticales y mezclado.

Un ejemplo de ello es la instalación de una línea completa para mezcla de ingredientes para la producción de salsa de tomate, de diferentes tipos de referencias, con una capacidad de producción de sobres por minuto la cual es controlada por un autómeta programable.⁷

- En Colombia se han desarrollado proyectos interesantes que involucran sistemas de mezclado y dosificación de ingredientes o producto terminado, tal como lo expresa Alberto Figueroa, director del proyecto Automatización de Plantas de Tintas, Pinturas y Alimentos Concentrados patrocinado por National Instruments.

“El desafío: Desarrollar un sistema de automatización para los procesos de preparación de tintas y de alimentos concentrados.

La solución: Crear una interfaz gráfica basada en LabVIEW que provee al usuario con interacción optima e intuitiva con los procesos.”⁸

⁶ Instrumentación para la industria de alimentos. [Consultado 5 de julio de 2011] Disponible en Internet: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=378&edi=16>

⁷ PEÑA CAÑAS, Luis Alejandro. Tesis. “estudio para la reducción de los costos de producción mediante la automatización de los finales de línea de la planta dressing en la empresa unilever andina Colombia Ltda. Disponible en Internet: [Consultado 1 de marzo de 2011],<http://74.125.155.132/scholar?q=cache:uuojc4qSNF0J:scholar.google.com/&hl=es&as>

⁸ Automatización de Plantas de Tintas, Pinturas y Alimentos Concentrados, Documento informativo, 2010. [Consultado 18 de marzo de 2011] Disponible en Internet <http://www.ni.com/niglobal/>

En la actualidad existen en Colombia empresas dedicadas a este tipo de soluciones tales como CIDAM Ltda. Empresa creada para proveer soluciones industriales utilizando herramientas para la automatización de procesos.

Un objetivo de esta firma es garantizar la utilización de herramientas de trabajo que ofrezcan una solución eficiente y económica para los clientes, desarrollando sistemas abiertos en PC.

3.4 AUTOMATIZACIÓN DE MÁQUINAS MEZCLO PROCESADORAS A NIVEL INTERNACIONAL

A nivel internacional países como Argentina han realizado avances significativos en sistemas de mezclado y dosificación de alimentos. Empresas como CIDI ASOCIADOS. Dedicada a brindar servicios y soluciones en el ámbito de producción de las industrias Farmacéutica, Veterinaria y Alimenticia: en la actualidad están desarrollando un proyecto de automatización para un sistema de mezclado. En la figura 3 se puede observar los adelantos realizados en el diseño de sistemas de control en la industria de los alimentos.

Figura 3. Mezclador para Alimentos.



Fuente: CIDI & Asociados. Proyecto de investigación [Consultado 6 de julio de 2011] Disponible en Internet. <http://www.biocidi.com.ar/mezclador.html>

En la figura 3, se puede observar un equipo para mezcla y preparación del producto que se desea envasar y luego esterilizar o pasteurizar. Con este mezclador generalmente se preparan diversos tipos de pastas, puré, líquidos, etc.

que luego serán envasados mediante una línea de llenado. Su construcción es de tipo Reactor de Elaboración, cilíndrico con una camisa que permite su calefacción y enfriamiento a través de agua y/o vapor. Cuenta con un Agitador para lograr una mezcla uniforme en homogeneidad de producto y temperatura.

Las dimensiones de los Mezcladores varían según las necesidades de producción de cada cliente.

El Sistema de Control generalmente es del tipo automático, gobernado por un PLC, con Registro impreso del proceso de Mezcla para anotación veraz de valores de temperatura y RPM de Agitación a los que fue sometido el producto. En muchas aplicaciones se cuenta también con un registro electrónico de los procesos a través de un Software específico instalado en una PC remota.

- Proindursa es una empresa mexicana especialista en la construcción de máquinas procesadoras de alimentos en diferentes aplicaciones de temperatura y con tecnología automatizada. En la figura 4 se puede observar una aplicación en la cual integran una máquina mezcladora de alimentos a una línea de producción existente, esta mezcladora tiene la capacidad de realizar mezclas con granulometría variada y programadas desde un sistema remoto.

Figura 4. Implementación de mezclador en línea de producción.



Fuente: plantas procesadoras de alimentos, Documento informativo, 2010. [Consultado 5 de Enero de 2012], Disponible en internet: <http://www.proindura.com/products.asp?pro- d=70&cat=57&hierarchy=>

- Global kemical s.a. es una empresa de diseño en Costa Rica dedicada por completo a desarrollar y ofrecer las más sofisticadas soluciones integrales en plantas procesadoras de alimentos para la industria alimentaria y afines. Apostándole a la seguridad industrial, innovación y a la calidad.

Figura 5. Implementación de máquina de procesado y dosificación.



Fuente: planta de procesado y dosificación de alimentos

Disponible en internet: http://www.kemical.net/HTMLs/servicios_dosifica.htm

4. MARCO TEÓRICO

La industria alimentaria es la parte de la industria encargada de la elaboración, transformación, preparación, conservación y envasado de los alimentos de consumo humano y animal. Las materias primas de esta industria consisten principalmente de productos de origen vegetal (agricultura), animal (ganadería) y fúngico. El progreso de esta industria nos ha afectado actualmente en la alimentación cotidiana, aumentando el número de posibles alimentos disponibles en la dieta. El aumento de producción ha ido unido con un esfuerzo progresivo en la vigilancia de la higiene y de las leyes alimentarias de los países intentando regular y unificar los procesos y los productos.

4.1 ESTRUCTURA DE UN PROCESO AUTOMATIZADO

Pueden llegar a ser demasiados los elementos electrónicos y mecánicos en un proceso automatizado en la industria alimentaria. Básicamente lo anterior depende de la complejidad en este. La complejidad va ligada a la cantidad de variables, las cuales deben ser monitoreadas. Cantidad de actuadores que deben ser manipulados para obtener finalmente un cambio en la variable a controlar. Por más complejos que sean los procesos, cuando hablamos de un proceso automatizado podemos concluir, que estos se dividen en dos partes principales, parte de mando y parte operativa.

- “**La Parte Operativa** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera” ⁹

- “**La Parte de Mando** suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado” ¹⁰

⁹ Automatismos Electrónicos Programables edición 4. Editado por universidad Pontificia de Cataluña p. 15.

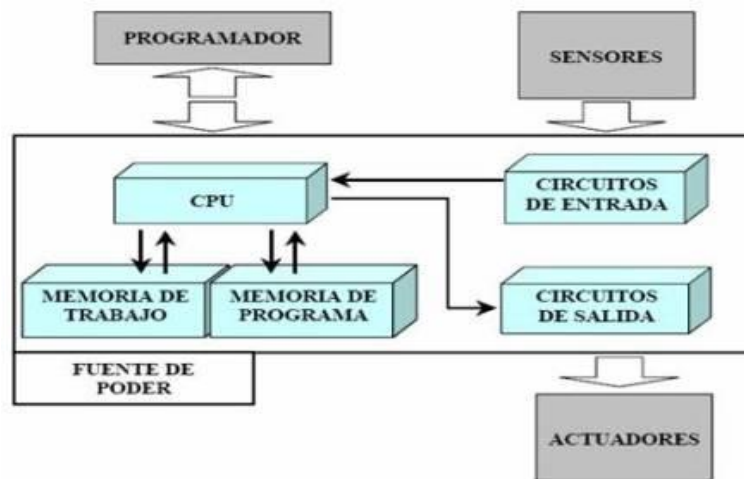
¹⁰ Juan domingo Peña. Introducción a los Autómatas Programables p. 58-59

4.1.1 Parte de mando. A continuación se mencionaran algunos elementos electrónicos utilizados específicamente como estación de control o autómatas programable para controlar procesos a nivel industrial.

4.1.1.1 PLC. Es un dispositivo electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada /salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.

Hoy en día son los cerebros de la inmensa mayoría los procesos automatizados, en otras palabras un PLC es un elemento de control que ha sido altamente especializado para prestar la máxima confianza y máximo rendimiento en un ambiente industrial. En su esencia, un PLC mira sensores digitales, analógicos y switches (entradas), lee su programa de control, hace cálculos matemáticos y como resultado controla diferentes tipos de hardware (salidas) tales como válvulas, luces, relés, servomotores, etc. en un marco de tiempo muy pequeño.

Figura 6. Estructura genérica del control en un proceso con PLC.



Fuente: introducción a los autómatas programables. Juan Domínguez pena pg. 34

4.1.1.2 Fpga. Son los dispositivos programables por el usuario de aplicación más general, una FPGA es un dispositivo semiconductor que contiene bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad se puede programar. Estos dispositivos poseen componentes básicos que se pueden articular según las necesidades de diseño.

4.1.1.3 Microcontrolador. Es un dispositivo electrónico de alta escala de integración, capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador. Un Microcontrolador está diseñado para realizar la tarea de muchos circuitos lógicos simplificando el diseño. Su uso es extremadamente popular por su facilidad de implementación y costo.

4.1.1.4 Pc industrial. Los PCs industriales son equipos robustos que pueden soportar ambientes hostiles y, al mismo tiempo, ofrecen una capacidad de expansión increíble, flexibilidad, fiabilidad y la más alta calidad que se espera de un equipo industrial.

4.1.1.5 Pld. Es un componente electrónico empleado para la fabricación de circuitos digitales reconfigurables. A diferencia de las puertas lógicas, que tienen una función fija, un PLD tiene una función indefinida al momento de fabricarse. Antes de que un PLD pueda ser usado en un circuito, este puede ser programado, esto es, reconfigurado. Los PLD actuales emplean diferentes formas de almacenar datos: anti fusibles de silicio, SRAM, celdas EPROM o EEPROM y memorias Flash.

4.1.2 Parte operativa. Es la parte que actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice las acciones. Son por ejemplo, los motores, cilindros, compresoras, bombas, relés, etc.

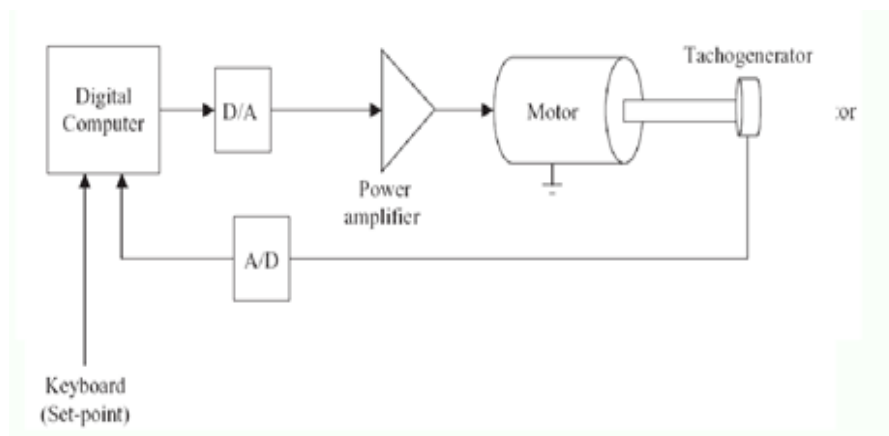
4.1.2.1 Electro válvulas proporcionales. Se entiende por válvula proporcional aquella en la que una magnitud física del fluido (caudal o presión) a la salida de la válvula es proporcional a una señal eléctrica analógica de entrada $X=K \cdot V$. Donde X es presión o caudal; K una constante de proporcionalidad y V es la señal analógica de tensión continua que se introduce en la válvula. No se alimentan las válvulas con 0 V ó 24 V, como en las válvulas convencionales, sino que se hace con una señal que puede variar en un rango determinado (por ejemplo de 0 a 10 V). De esta forma se obtienen valores intermedios de presión o caudal, a diferencia de las válvulas convencionales.

4.1.2.2 Electroválvulas On-Off. Son válvulas automatizadas que regulan el paso del fluido en forma discreta. Es decir, la válvula se abre completamente para permitir el paso de un fluido (sin importar su caudal ni presión), o se cierra completamente para impedir el flujo.

4.1.2.3 Transformadores de ignición. Los transformadores para ignición son transformadores elevadores de tipo seco, de alta reactancia, usados para el encendido de los quemadores de gas o de fuel-oil domésticos. Tales transformadores están limitados a las tensiones primarias de 120 ó 240 V. Las tensiones secundarias están limitadas a 15 400 V y normalmente la gama va desde los 6 000 a los 14 000 V. La gama de corrientes nominales en el secundario va desde 20 a 28 mA y la de potencias de 140 a 430 VA.

4.1.2.4 Taco generador. Es un dispositivo para medir la velocidad angular. Su funcionamiento es sencillo: convertir la energía rotacional del eje en cuestión en energía eléctrica, proporcional a la rotacional y que puede ser fácilmente medida. Una posible configuración podría ser la que se ve en la figura. Para generar la corriente a partir del giro se acopla al motor o eje que se va a medir, una espira situada dentro de un campo magnético fijo (creado por los dos imanes). Al girar el motor, la espira girará en el interior del campo magnético, lo que provocará una corriente eléctrica. Estos dispositivos pueden llegar a tener una precisión del 0,5 %, por lo que pueden resultar una solución aceptable a la hora de medir la velocidad angular.

Figura 7. Acople de un Tacogenerador en el rotor de un motor



Fuente: sensores internos [en línea] [consultado el 15 de febrero de 2012].
Disponible en internet :<http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/asignaturas/ROB-optativos/Sensores/internos.html>

4.1.2.5 Encoder. Encoders se utilizan fundamentalmente para el cálculo de la posición angular. Básicamente constan de un disco transparente, el cual tiene una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí; de un elemento emisor de luz (como un diodo LED); y de un elemento fotosensible que actúa como receptor. El eje cuya posición angular se va a medir va acoplado al disco.

4.1.2.6 Sensores LVT (Linear Velocity Transducers). El LVT o transductor de velocidad lineal se basa en el principio de inducción magnética y proporcionar medidas de la velocidad fiable en un movimiento lineal. Pasando un imán a través de la forma de la bobina genera una tensión proporcional a la velocidad de los imanes y la intensidad de campo. Esta señal de salida se utiliza para vigilar cuidadosamente velocidades componentes en diversas aplicaciones.

4.1.2.7 Termocuplas. Un termopar (también llamado termocupla) es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia. En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado Celsius son difíciles de obtener.

4.1.2.8 Pirómetros. Un pirómetro, dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella. El término se suele aplicar a aquellos instrumentos capaces de medir temperaturas superiores a los 600 grados Celsius. El rango de temperatura de un pirómetro se encuentra entre -50 grados Celsius hasta +4000 grados Celsius. Una aplicación típica es la medida de la temperatura de metales incandescentes en molinos de acero o fundiciones.

4.1.2.9 Bandas metálicas. Cuando dos tiras de metal delgadas, unidas en uno de sus extremos, se dilatan a diferente velocidad cuando cambia la temperatura. Estas tiras se utilizan en los radiadores de los automóviles, y en los sistemas de calentamiento y aire acondicionado.

4.1.2.10 Sonda capacitiva. Las sondas de nivel capacitivas permiten conocer de forma sencilla el nivel de depósitos que contengan una gran variedad de líquidos. Realizado de forma compacta, entrega una señal analógica de 4... 20 mA

proporcional a la altura del líquido. Opcionalmente puede incluir un indicador digital que permita realizar el ajuste de forma rápida y cómoda.

4.1.2.11 Sensores ultrasónicos. Los sensores de ultrasonidos son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias de hasta 8m. El sensor emite impulsos ultrasónicos. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración. Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo han de ser deflectores de sonido. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco.

4.1.2.12 Celda de carga. Una celda de carga es un transductor que es utilizado para convertir una fuerza en una señal eléctrica. Esta conversión es indirecta y se realiza en dos etapas. Mediante un dispositivo mecánico, la fuerza que se desea medir deforma una galga extensiométrica. La galga extensiométrica convierte el (desplazamiento) o deformación en señales eléctricas. Una celda de carga por lo general se compone de cuatro galga extensiométricas conectadas en una configuración tipo puente de Wheatstone. Sin embargo es posible adquirir celdas de carga con solo uno o dos galga extensiométricas. La señal eléctrica de salida es típicamente del orden de unos pocos mili volts y debe ser amplificada mediante un amplificador de instrumentación antes de que pueda ser utilizada. La salida del transductor se conecta en un algoritmo para calcular la fuerza aplicada al transductor.

4.2 NORMATIVIDAD

El diseño de la automatización del proceso en la industria de alimentos, debe tener en cuenta normas a nivel de ingeniería y medio ambientales, las cuales no deben alejar a la empresa de las normas internacionales hacia las industrias del sector de los alimentos. Cada diseño debe permitir a dicha organización acercarse al cumplimiento riguroso de reglamentos, que permitan pensar en exportaciones futuras.

Las normas IEC 61131 se dividen en:

- **IEC 61131-1:** Autómatas programables - Parte 1: Generalidades.
- **IEC 61131-2:** Autómatas programables - Parte 2: Requisitos y ensayos de equipos.
- **IEC 61131-3:** Autómatas programables - Parte 3: Lenguajes de programación.
- **IEC 61131-4:** Autómatas programables - Parte 4: Guía del usuario.
- **IEC 61131-5:** Autómatas programables - Parte 5: Comunicaciones.
- **IEC 61131-7:** Autómatas programables - Parte 7: El control difuso de programación.
- **IEC 61131-8:** Autómatas programables - Parte 8: Directrices para la aplicación e implementación de lenguajes de programación

4.2.1 Norma IEC 61131 (Estandarización de la programación del control industrial). La norma IEC 61131 es el primer paso en la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar. Esta norma se divide en cinco partes:

Parte 1: Vista general.

Parte 2: Hardware.

Parte 3: Lenguaje de programación.

Parte 4: Guías de usuario.

Parte 5: Comunicación.

Esta Norma se aplica a los controladores programables (PLC) y sus periféricos asociados. Los PLCs y sus periféricos asociados son considerados como componentes de un sistema de control. Por lo tanto, esta norma no se refiere a

que el sistema automatizado sea un elemento más. La seguridad general del sistema automatizado está fuera del alcance de esta norma.

4.2.2 Norma IEC 61131-1. Información general: definición de términos, normas para la elección de PLC's y periféricos.

Objetivo: responder a la complejidad creciente de los sistemas de control
Y a la diversidad de autómatas incompatibles entre sí

4.2.3 Norma EC 61131-2 Hardware. Esta norma internacional especifica los requisitos y las pruebas relacionadas con los controladores programables (PLC) y sus periféricos asociados por ejemplo, la programación y herramientas de depuración (PADTs), interfaces hombre-máquina (HMI), etc. que tengan el uso previsto del control y mando de máquinas y procesos industriales.

- PLCs y sus periféricos asociados no están destinados a ser utilizados en un entorno industrial y puede ser ofrecida como equipo abierto o cerrado. Si el PLC o sus periféricos asociados no están destinados a ser utilizados en otros entornos, los requisitos específicos, normas y prácticas de instalación para los entornos de otros debe ser aprovechada también para el PLC y sus periféricos asociados.
- Esta norma también se aplica a cualquier producto que realiza la función de los PLC y / o sus periféricos asociados.

Objeto de la norma: Establecer las definiciones e identificar las principales características relevantes para la selección y aplicación de los PLC y sus asociados periféricos.

- Especificar los requisitos mínimos para las características funcionales, eléctricas, mecánicas, ambientales y de construcción, las condiciones de servicio, seguridad, compatibilidad electromagnética, el usuario de programación y pruebas aplicables a los autómatas y los periféricos asociados.

4.2.4 Norma IEC 61131-3 Lenguajes de programación:

- Elementos comunes, sintaxis, semántica.
- Disminución de los costes de formación.
- Homogeneidad de la documentación de las aplicaciones: estructura de programas idéntica, objetos de lenguaje predefinidos.
- Variedad de lenguajes standard: cada función de una aplicación puede programarse en el lenguaje que mejor se adapte para asegurar la coherencia final.

4.2.5 Norma IEC 61131-4 Guía de usuario. Para todo proyecto de automatización.

4.2.6 Norma IEC 61131-5 Comunicaciones. PLC–periféricos, PLC–PLC, PLC–PC.

En el conjunto de la comunidad internacional del estándar IEC 61131, parte 5 se refiere a la comunicación. Como tal, ha sido aprobado como estándar en 2000, y está disponible en CEI o en las representaciones locales (Información de la dirección).

Esta parte 5 describe la forma por medio de la cual los PLC se pueden comunicar entre sí. Un PLC se utiliza en el contexto de la norma IEC 61131 puede ser un controlador real o SoftPLC o cualquier dispositivo que soporta los lenguajes de programación IEC 61131-3 y de la comunicación se define en la norma IEC 61131-5. Esto significa que desde el PLC a PLC, con la IPM, control de la planta, e incluso robots y CNC. Incluso se puede facilitar la comunicación con los dispositivos inteligentes a través de un bus de campo. Sin embargo, no incluye control distribuido o de comunicación a simples dispositivos I / O a través de un sensor / actuador nivel bus o bus de campo.

El IEC 61131-5 describe los servicios de comunicación desde el punto de vista del programador y / o usuario. Como tal, es una interfaz de programa de aplicación para la comunicación del PLC. Para ello, ofrece servicios de comunicación en forma de funciones combinadas con los conceptos y elementos de los lenguajes de programación IEC 61131-3. Esto significa también que se encuentra en la parte superior de la pila de la norma ISO / OSI. Dicho de otro modo, se encuentra en la parte superior de la capa 7 - capa de aplicación. Como tal, en realidad presta servicios a los usuarios - no tienen que escribir el código por sí mismos, ni que preocuparse de cómo se hace. Esto coincide con la facilidad de uso de alta

de los bloques de función de la norma IEC 61131-3. IEC 61131-5 no describe un bus de comunicación del sistema - que define los servicios independientes en un nivel superior, que puede ser utilizado en redes de comunicaciones y sistemas existentes. Pre-requisito para estos sistemas es que admiten conexiones, el acceso a las variables y los servicios de mensajes, así como la carga de grandes conjuntos de datos. Además, esta norma contiene la cartografía en la norma ISO / IEC 9506-1/2 (MMS, especificaciones de fabricación de mensajes, como resultado de la MAP, de fabricación Protocolo de automatización, la iniciativa de General Motors en la década de 1980.) Y en la norma ISO / IEC 9506 - 5 (PLC estándar de compañía). Otros sistemas de comunicación basados en otras normas o estándares de facto se puede utilizar como subsistemas de comunicación para la IEC 61.131-5 también. Ejemplo de estos son la norma EN 50170 (Profibus FMS), y EN 50170 - 3 (Sub MMS), que se encuentra actualmente en la definición.

4.2.7 Norma ISO 14001. Esta norma fue elaborada en 1996, y contiene los requisitos de un sistema de gestión ambiental. Hoy en día, un adecuado comportamiento ambiental se impone como ingrediente fundamental del éxito empresarial. En este contexto mundial, las empresas encuentran necesario demostrar que sus procesos son gestionados siguiendo normas internacionales válidas.

La certificación según ISO 14001 permite demostrar un compromiso ambiental, como medio para la optimización de procesos. El primer paso de un proyecto de implementación de un sistema de gestión ambiental según ISO 14001 es la revisión ambiental inicial, incluyendo:

- Identificación de los aspectos ambientales de la empresa.
- Identificación de los requisitos legales.

4.2.8 HACCP. El sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), es un enfoque sistemático para identificar peligros y estimar los riesgos que pueden afectar la inocuidad de un alimento, a fin de establecer las medidas para controlarlos.

“Se trata de un sistema que hace énfasis en la prevención de los riesgos para la salud de las personas derivados de la falta de inocuidad de los alimentos, el enfoque está dirigido a controlar esos riesgos en los diferentes eslabones de la cadena alimentaria, desde la producción primaria hasta el consumo final. Los beneficios de HACCP se traducen por ejemplo para quien produce, elabora, comercia o transporta alimentos, en una reducción de reclamos, devoluciones, reproceso, rechazos y para la inspección oficial en una necesidad de inspecciones

menos frecuentes y de ahorro de recursos, y para el consumidor en la posibilidad de disponer de un alimento inocuo.”¹¹

El anterior argumento muestra la importancia de que se conozcan y establezcan controles con la manipulación de alimentos.

Como una gran parte del comercio pequeño e informal de las grandes, medianas y pequeñas ciudades Colombianas se basa en la preparación, venta y distribución de alimentos, como es el caso de los restaurantes pequeños, ventas de empanadas, tamales, y otro tipo de comidas rápidas que la mayoría de las veces no tienen control por parte de las entidades sanitarias y que por no planificar su producción no son rentables como deberían serlo, ya que constituyen una riqueza cultural de cada región que atrae turismo, generando empleo con los consiguientes beneficios sociales conexos. Además es necesario promover la industrialización y aprovechamiento de productos agropecuarios que se pierden en épocas de cosechas o simplemente no se les da un Valor Agregado para exportar, como es el caso de las frutas, la Acuicultura, etc., teniendo en cuenta que Colombia es un país agrícola (donde los alimentos son el principal recurso).

En el caso de la industria alimentaria se deben involucrar los parámetros que cada empresa debe seguir según las normas internacionales y los decretos nacionales para el control de alimentos que produzca. Esto debe estimular además la investigación de la misma empresa o grupos de empresas para mejorar el producto, por lo tanto es un proceso de Mejoramiento Continuo.

4.2.9 BPM (buenas prácticas de manufactura). Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) están conformadas por un conjunto de normas aplicables a plantas donde se preparan y procesan alimentos. Los contenidos correspondientes, también son aplicables al caso de almacenes de alimentos. Esta norma son los principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de los alimentos para el consumo humano, con el objeto de garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción.

¹¹ Normas de aseguramiento de calidad para MIPYMES documento informativo disponible en Internet: [en línea], [Consultado por última vez 5 junio de 2011]. <http://www.monografias.com/trabajos13/mipy/mipy.shtml#b>

Reportes del sistema nacional de vigilancia, nos indican: “un aumento de las Enfermedades Transmitidas por los alimentos (ETA’s), y entre los sitios en donde se consumieron alimentos contaminados se encuentran los restaurantes y cafeterías. De esto no escapan las MYPIMES del sector de los alimentos, el control de las ETA’s, se puede realizar con la implementación de las BPM, principalmente a través de unos adecuados hábitos higiénicos de los manipuladores, una capacitación constante, un correcto almacenamiento de materias primas y productos terminados, unas adecuadas condiciones locativas y diseño sanitario de los establecimientos, entre otros. Alrededor de un 20% de las causas de las ETA’s se deben a una deficiente higiene en los manipuladores, un 14% a la contaminación cruzada, que es el proceso en el que los microorganismos son trasladados de un área sucia a otra área antes limpia (generalmente por un manipulador), de manera que se contaminan alimentos y superficies. Un inapropiado lavado de manos es la causa más frecuente de la contaminación cruzada.”¹²

4.2.10 Importancia de la ISO 9000 en el diseño de equipos para la industria de alimentos. La norma ISO 9000 abarca, entre otros puntos la dirección de la calidad en el proceso de producción de productos y el ensayo final e inspección del producto, definiendo, en forma de instrucciones y procedimientos, la forma específica en que debe operar una empresa. Todo este conjunto de información generada constituye el Sistema de Calidad que asegura a los clientes de la empresa que los productos que ellos compran están totalmente controlados y en perfecto funcionamiento. De hecho, esta norma establece que el suministrador de un producto debe preocuparse de calibrar y ajustar todo el equipo destinado a la inspección, medida y ensayo que pueda afectar la calidad del producto, asegurar que las condiciones ambientales son adecuadas para las operaciones de calibración, inspección, medida y ensayos que se efectúen en los instrumentos de medición.

Aparentemente, la implantación de la norma ISO 9000 parece sencilla, pero no es una tarea fácil. Es necesario que el equipo de calibración de los instrumentos esté certificado por un organismo reconocido y que dicho equipo se calibre periódicamente así como también los instrumentos de medición afectados.

¹² Importancia de las buenas prácticas de manufactura cafeterías y restaurantes documento informativo disponible en Internet. [en línea], [Consultado el 10 julio de 2011]

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar la automatización del proceso productivo de la máquina mezcladora procesadora en la empresa COCODELICIA.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la información necesaria del proceso productivo en el cual interviene la máquina mezcladora procesadora, para el análisis correspondiente de las variables a gestionar.
- Identificar las necesidades y restricciones para el proceso de automatización en la máquina.
- Generar el concepto de diseño que pueda suplir las necesidades establecidas.
- Diseñar el control de temperatura para la máquina.
- Diseñar el control de dosificación de los ingredientes utilizados en la mezcla
- Diseñar controlador de velocidad para el motor trifásico de la “mezcladora procesadora”.
- Diseñar sistemas de alarmas, que indiquen la poca cantidad de algunos ingredientes. Que hacen parte en la elaboración de los productos.
- Diseñar interface gráfica o visualización LCD del proceso para gestionar el mando y las recetas del producto.
- Generar un diseño detallado que incluya planos, manuales, especificaciones y componentes, que hacen parte del dispositivo.

6. PROCESO DE PLANEACION DEL PRODUCTO

6.1 ESTUDIO DEL MERCADO

El principal objetivo del proyecto, es diseñar un sistema que automatice el proceso de dosificación, mezclado y procesado que desarrollan diferentes plantas o máquinas para la producción de alimentos.

Se desea ingresar en el mercado, con un producto de fácil manejo, automatizado completamente y con una interfaz sencilla para los operarios.

6.2 SEGMENTO DEL MERCADO

No cabe duda, de que la segmentación del mercado es una de las principales herramientas estratégicas de la mercadotecnia, cuyo objetivo consiste en identificar y determinar aquellos segmentos con ciertas características homogéneas hacia los cuales la empresa pueda dirigir sus esfuerzos y recursos para obtener resultados rentables.

Se tienen los siguientes mercados donde la planta de mezclo procesado puede generar servicio y utilidad la dosificación, mezclado y procesado de productos.

- Restaurantes
- Industria alimentaria

7. PLANTEAMIENTO DE LA MISION

7.1 DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Sistema automatizado para máquina mezcla procesadora de alimentos, en la cual se incluye etapa previa de dosificación de diferentes ingredientes.

En este diseño la automatización se desarrolla a través de un controlador automático, la interfaz gráfica se genera mediante imágenes y gráficos digitales a través de una pantalla de un ordenador que permite mostrar en tiempo real el monitoreo del proceso y las variables principales del mismo, tales como temperatura, nivel y velocidad.

7.2 PRINCIPALES OBJETIVOS DE MARKETING

- Crear plataforma de diseño sistematizado para el desarrollo e implementación de plantas o máquinas que involucren mezclado, procesado y dosificación de diferentes producto completamente automatizadas.
- Introducir un diseño que facilite incursionar en el mercado local y la industria alimentaria con plantas mezcla procesadora completamente automáticas de fácil uso y mantenimiento.

7.3 MERCADO PRIMARIO

Industrias y empresas en donde se procesen alimentos en las cuales se dosifiquen, mezclen y procesen diferentes productos o ingredientes en parte de su línea de productiva para la obtención parcial o final de un producto final.

7.4 MERCADO SECUNDARIO

Restaurantes que empleen en el proceso de elaboración de comidas mezcladoras y elemento de dosificación de ingredientes.

7.5 PREMISAS Y RESTRICCIONES

- Sistema que permita la operación manual y automática.
- Interfaz gráfica de fácil operación.
- Conservar como combustible el gas natural
- Solución económica y funcional respecto a otras soluciones en el mercado.
- Alimentación energía AC

7.6 PARTES IMPLICADAS

Compradores y usuarios.

- Industria alimentaria (pequeñas y medianas empresas).

Distribuidores y vendedores

- Distribuidores de plantas y máquinas mezcla procesadoras.
- Vendedores de sistemas de control programables afines.
- Vendedores de dosificadores de alimentos.
- Distribuidores de electroválvulas.

8. DESARROLLO CONCEPTUAL

En la actualidad existe un amplio consenso en afirmar que la ingeniería concurrente, paralela o simultánea es la forma más eficiente para hacer diseños en ingeniería, en un entorno cada vez más competitivo. Puede definirse la ingeniería concurrente como el conjunto de técnicas destinadas a acortar el tiempo de desarrollo de los proyectos, incorporando la voz del cliente y garantizando al mismo tiempo la calidad del producto durante todo su ciclo de vida, desde el diseño hasta el reciclaje, mediante la realización simultanea de actividades y el trabajo en equipos multidisciplinarios.

La ingeniería concurrente permite también la contención de los costes totales del ciclo de vida de un diseño o producto y aun más importante, constituye una ventaja competitiva al permitir posicionar los productos en el mercado en un breve plazo de tiempo. Dentro del diseño concurrente, el desarrollo conceptual juega un papel de suma importancia, este permite identificar necesidades del usuario, priorizarlas y plantear un concepto de diseño sólido y coherente.

Partiendo de la premisa anterior. Se puede concluir que diseño conceptual es aquel que representa la totalidad del objetivo proyectado (automatización del proceso productivo realizado por la máquina mezcladora procesadora), es decir el diseño conceptual debe representar cada uno de los subsistemas que finalmente integran el sistema completo.

8.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

En la actualidad la máquina mezcladora procesadora brinda la posibilidad de elaborar tres clases de productos.

En la figura 8 se describe el proceso realizado por esta máquina, la diferencia en la elaboración del producto A, B y C, se presenta en el tipo de ingrediente, las cantidades, temperaturas y velocidades en los mezcladores 1 y 2 a la cual es sometida la mezcla.

8.1.1. Capacidad de producción producto A. (Coco Deshidratado). Esta pulpa del coco se desintegra o ralla y se seca a una temperatura entre los 60 o 75 °C, hasta alcanzar un contenido de humedad menor al 2.5%. El porcentaje de lípidos debe ser de 50 a 65% y el contenido de ácidos grasos libres menor a 0.01%.

La temperatura óptima de secado es de 75 °C, pues a esta se mantienen las características sensoriales propias del producto. Otras variables que se deben considerar es la velocidad de mezclado, espesor de la capa de coco a secar y tiempo de secado. El espesor de la capa de coco es controlado directamente por el operario de turno.

Las características de calidad que se buscan en este producto son:

- De color blanco.
- Libre de manchas cafés o amarillas.
- Textura tostada.
- Olor, sabor y consistencia.
- Sin grumos.

Cuadro 2. Características del proceso Producto A.

Temperatura de proceso	75 °C
Tiempo de proceso	1:35 h
Velocidad de mezclado	40RPM
Capacidad de salida deseada	200 Kg/turno.
Capacidad de la mezclo procesadora	Recipiente 1= 20kg Recipiente 2= 20kg Capacidad total = 40Kg
Peso del producto	25 gr/unidad.
Ingredientes	Coco, Azúcar, leche, agua.

Cuadro 3. Proporciones de ingredientes producto A.

	COCO	AZUCAR	LECHE	AGUA	TOTAL
100% 1600 Unidades	26 Kg	5 Kg	7 Litros	2 Litros	40 Kg
66% 1056 Unidades	17 Kg	3 Kg	4,62 Litros	1.38 Litros	26 Kg
33% 528 Unidades	8.60 Kg	1.60 Kg	2.31 Litros	0.70 Litros	14 Kg

8.1.2. Capacidad de producción producto b.

NOMBRE: Bombón de Coco

Para la realización de este producto se debe hacer un control de temperatura a 180 °C sobre los dos mezcladores.

Cuadro 4. Características del proceso Producto B.

Temperatura de proceso	180 °C.
Tiempo de proceso	45 minutos
Velocidad de mezclado	25 RPM
Capacidad de salida deseada	320 Kg/turno.
Capacidad de la mezclo procesadora	Recipiente 1= 20kg Recipiente 2= 20kg Capacidad total = 40 kg
Peso del producto	35 gr/unidad.
Ingredientes	coco, miel, agua, mezcla, leche

Cuadro 5. Proporciones de ingredientes producto B

	COCO	MIEL	AGUA	LECHE	MEZCLA	TOTAL
100% 1142 Unidades	20 Kg	7 Litros	3 Litros	7 Litros	3 Litros	40 Kg
66% 742 Unidades	13.2 Kg	4.62 Litros	2 Litros	4.62 Litros	2 Litros	26 Kg
33% 400 Unidades	6.6 Kg	2.31 Litros	1 Litros	2.31 Litros	1 Litros	14 Kg

8.1.3. Capacidad de producción producto c.

Nombre: Dulce de Coco

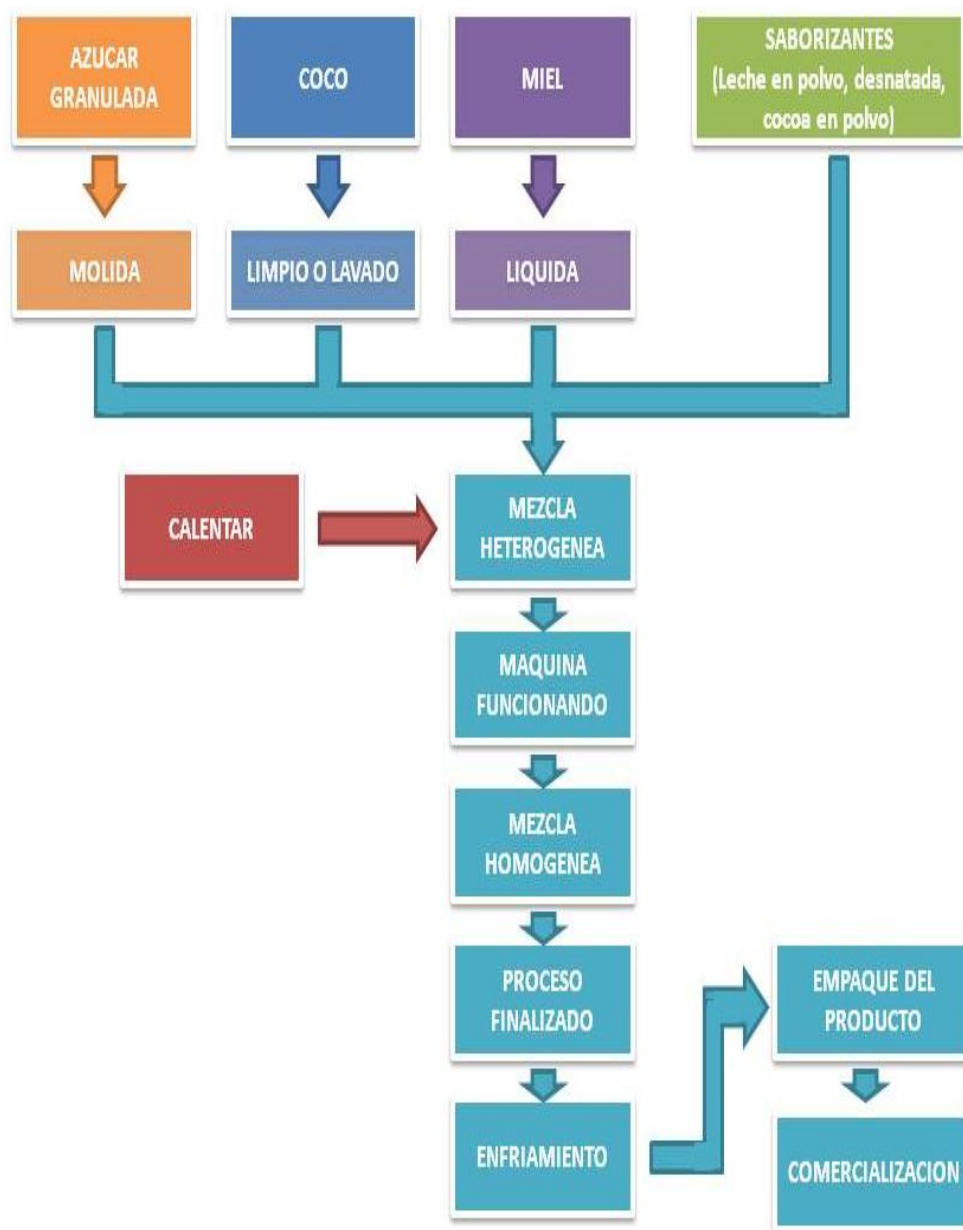
Cuadro 6. Características del proceso Producto C.

Temperatura de proceso	140 °C.
Tiempo de proceso	55 minutos
Velocidad de mezclado	25 RPM
Capacidad de salida deseada	400 Kg/turno.
Capacidad de la mezcla procesadora	Recipiente 1= 20kg Recipiente 2= 20kg Capacidad total = 40 kg
Peso del producto	40 gr/unidad.
Ingredientes	Coco, Leche, Maní, mezcla

Cuadro 7. Proporciones de ingredientes producto C.

	COCO	LECHE	MANI	MEZCLA	TOTAL
100% 1142 Unidades	15 Kg	10 Litros	10 Kg	5 Litros	40 Kg
66% 742 Unidades	9.9 Kg	6.6 Litros	6.6 Kg	3.3 Litros	26 Kg
33% 400 Unidades	5 Kg	3.3 Litros	3.3 Kg	1.65 Litros	14 Kg

Figura 8. Descripción del proceso.



8.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

Cuadro 8. Necesidades del cliente

	NECESIDADES DEL CLIENTE	PLANTEAMIENTO DE LAS NECESIDADES
1	“Que el proceso se realice solo, sin intervención de operarios.”	Proceso totalmente automatizado
2	“Que el sistema permita seleccionar entre 3 tipos de productos a realizar (coco deshidratado, bombón de coco, coco leche)”	HMI configurable para 3 tipos de productos
3	“Que la temperatura se mantenga en un rango y estable dependiendo el producto.”	Controlador de temperatura
4	“Que se optimicen tiempos en el proceso actual”	Reducir el tiempo en el proceso
5	“Que sea fácil interactuar con el sistema.”	HMI amigable
6	“Que se escuche o se vea una alarma cuando el sistema allá terminado.”	Avisos audibles o visibles
7	“Que garantice la seguridad del operario.”	Confiable
8	“Que la realización de proyecto sea económica”	Sistema económico
9	“Que se mantenga la entrada de gas como combustible. Y que sea más económico el consumo.”	Ahorrar combustible
10	“Que ajuste automáticamente la velocidad del mezclador dependiendo el proceso. “	Controlador de velocidad
11	“Que se pueda ver la temperatura del proceso en todo momento.”	Interface hombre máquina (HMI)
12	“Que las dimensiones del nuevo rediseño no sean robustas, y modifique demasiado el peso o tamaño de la máquina actual”	Materiales y dimensión de ellos
13	“Que el mantenimiento sea fácil de realizar”	Plan de mantenimiento
14	“Que el sistema de dosificación de ingredientes sea exacto, en cuando a cantidades.”	Controlador para dosificación
15	“Que el diseño sea ergonómico, para facilitar el trabajo del operario.	Posición de elementos del rediseño
16	“Que la velocidad de mezclado sea estable.”	Controlador de velocidad
17	“Que tenga un sistema de alarma cuando se acaben los ingredientes”	Avisos audibles o visibles
18	“Que se pueda usar de modo manual o automático”	Sistema que permita el uso de modo manual o automático.

8.3 METRICAS Y SUS UNIDADES

Cuadro 9. Lista de necesidades, requerimientos y métricas

#	Necesidades	Requerimientos	Métrica	Imp.	Unidad
1	“Que el proceso se realice solo, sin intervención de operarios.”	Proceso totalmente automatizado	% del proceso automático	0-100	%
2	“Que el sistema permita seleccionar 3 tipos de productos a realizar (coco deshidratado, bombón de coco, coco leche)”	Interfaz hombre máquina (HMI) para selección de tipo de producto	Numero de interfaz HMI a implementar	1-5	HMI
3	“Que la temperatura se mantenga en un rango y estable dependiendo el producto.”	Control de temperatura	Sensor de temperatura	4	°C
4	“Que se optimicen tiempos y recursos en el proceso actual”	Optimización de estados	Tiempo de proceso	Subj.	Seg.
5	“Que sea fácil interactuar con el sistema.”	Interfaz amigable con el usuario	Que sea estético	Subj.	EBRM
6	“Que se escuche o se vea una alarma cuando el proceso allá terminado o la temperatura salga de rangos.”	Avisos audibles o visibles	Sonidos o luz	Subj.	Luz, dB
7	“Que garantice la seguridad del operario.”	Seguridad Industrial	riesgos	Subj.	Subj.
8	“Que la realización de proyecto sea económica”	Sistema económico al implementar	Inversión de dinero	4	
9	“Que se mantenga la entrada de gas como combustible, y que sea económico el consumo.”	Ahorrar combustible	Gastos en combustible	3	
10	“Que ajuste automáticamente la velocidad y tiempo del mezclador dependiendo el proceso. “	Identificación y Control de velocidad según proceso	Sensores de velocidad	4	Voltaje
11	“Que se pueda ver la temperatura del proceso en todo momento.”	Interface hombre máquina (HMI)	Numero de data panel a implemet.	Subj	HMI
12	“Que las dimensiones del nuevo rediseño no sean robustas, y modifique demasiado el peso o tamaño de la máquina actual”	Tipo de Materiales y dimensiones.	Calidad, longitud y peso.		Metro, Kg.
13	“Que el mantenimiento sea fácil de realizar”	Plan de mantenimiento	Numero de partes	4	partes
14	“Que el sistema de dosificación de ingredientes sea exacto, en cuando a cantidades”.	Controlador para dosificación	Sensores y válvulas.	4	

Cuadro 9 (continuación)

15	“Que el diseño sea ergonómico, para facilitar el trabajo del operario.”	Posición de elementos del rediseño	Ubicación de partes.	3	
16	“Que la velocidad de mezclado sea estable.”	Controlador de velocidad	Sensores.	3	Voltaje
17	“Que tenga un sistema de alarma cuando se acaben los ingredientes”	Avisos audibles o visibles	Sonidos o luz.	3	Luz, dB
18	“Que se pueda usar de modo manual o automático”	Sistema que permita el uso de modo manual o automático.	Modos de uso	4	Modos de uso

8.4 CUADROS DE COMPARACIÓN POR PARES

Por medio de la comparación por pares es posible identificar el valor o importancia relativa de una necesidad con respecto a otra y ordenarla como corresponde.

Algunas veces el cliente expresa preferencias claras y fuertes, tal vez los usuarios potenciales lo hacen, así que el equipo de diseño no tiene que hacer una clasificación formal.

La técnica puede ser utilizada para clasificar objetivos que están al mismo nivel en la jerarquía y que están dentro del mismo grupo o clase.

8.4.1 Análisis del método de comparación por pares. En el cuadro 10 se puede analizar el método empleado para realizar una priorización de las necesidades del cliente. Esta matriz permite correlacionar una a una las necesidades y darle un nivel de jerarquía respecto a las demás.

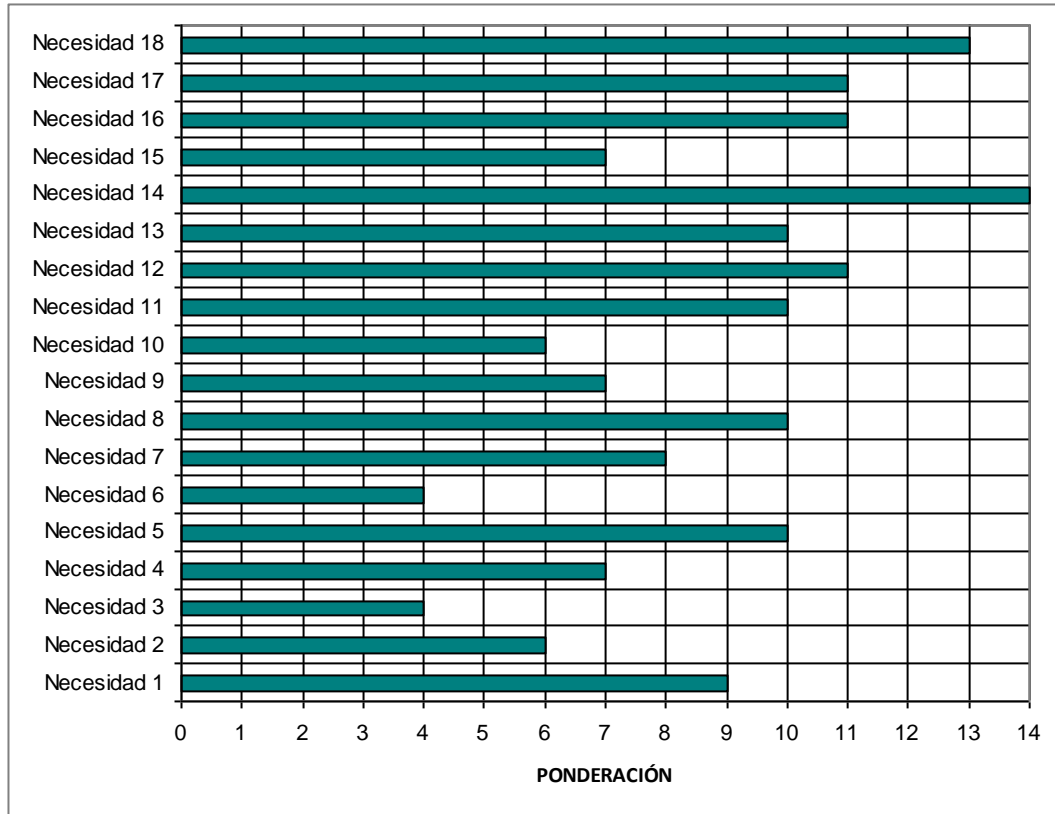
Examinando la figura 9, la cual muestra de forma organizada el resultado del método de la matriz de comparación por pares, en ella se aprecia claramente que la necesidad más importante es la dosificación exacta de ingredientes y la necesidad de menor ponderación existe en la inclusión de una interfaz de alarma. Es importante mencionar que el diseño realizado debe cumplir con cada una de las necesidades planteadas.

Cuadro 10. Cuadro de comparación por pares

	Necesidad 1	Necesidad 2	Necesidad 3	Necesidad 4	Necesidad 5	Necesidad 6	Necesidad 7	Necesidad 8	Necesidad 9	Necesidad 10	Necesidad 11	Necesidad 12	Necesidad 13	Necesidad 14	Necesidad 15	Necesidad 16	Necesidad 17	Necesidad 18	Importancia
Necesidad 1		1	1	1		1				1				1		1	1	1	9
Necesidad 2				1	1					1				1			1	1	6
Necesidad 3		1		1			1		1										4
Necesidad 4										1			1	1	1	1	1	1	7
Necesidad 5	1		1	1		1					1	1		1	1		1	1	10
Necesidad 6		1	1	1			1												4
Necesidad 7	1	1		1	1					1			1		1	1			8
Necesidad 8	1	1	1	1	1	1	1					1			1		1		10
Necesidad 9	1	1		1	1	1	1	1											7
Necesidad 10			1		1	1		1	1							1			6
Necesidad 11	1	1	1	1		1	1	1	1	1					1				10
Necesidad 12	1	1	1	1		1	1		1	1	1		1		1				11
Necesidad 13	1	1	1		1	1		1	1	1	1				1				10
Necesidad 14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1		14
Necesidad 15	1	1	1			1			1	1				1					7
Necesidad 16		1	1		1	1		1	1		1	1	1	1	1				11
Necesidad 17			1			1	1		1	1	1	1	1		1	1		1	11
Necesidad 18			1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		13

8.5 JERARQUIZACIÓN DE LAS NECESIDADES

Figura 9. Jerarquización de necesidades



8.6 MATRIZ Q.F.D

Este método ha permitido organizar y entender las prioridades de las necesidades del cliente y encontrar respuestas innovadoras a esas necesidades, a través de la mejora continua del diseño planteado.

El objetivo de esta técnica es la obtención de calidad de diseño de un producto/servicio, mediante la conversión de las necesidades del cliente en características de calidad adecuadas, sin omisiones ni elementos superfluos.

Los dos objetivos fundamentales que se buscan con la aplicación de esta técnica son:

- Traducir las peticiones expresadas por el cliente al diseño, Es de decir, no realizar un diseño sobre la máquina a espaldas del cliente.
- Obtener una Calidad de Diseño en la mezcla procesadora.

8.6.1 Necesidades vs requerimientos

Cuadro 11. Cuadro de necesidades vs. requerimientos de diseño.

			Requerimientos 1	Requerimientos 2	Requerimientos 3	Requerimientos 4	Requerimientos 5	Requerimientos 6	Requerimientos 7	Requerimientos 8	Requerimientos 9	Requerimientos 10	Requerimientos 11	Requerimientos 12	Requerimientos 13	Requerimientos 14	Requerimientos 15	Requerimientos 16	Requerimientos 17	Requerimientos 18
Fuerte	●	Importancia																		
Moderado	○																			
Débil	◇																			
Necesidad 1		9	●	●	○	○	◇	○	◇			○	○			○		○	○	●
Necesidad 2		6	●	●		◇	●	○					○			○			○	
Necesidad 3		4	◇	◇												◇			◇	
Necesidad 4		7		◇		●										◇		◇	○	◇
Necesidad 5		10		○		◇	●	◇	◇						○					
Necesidad 6		4					○	●											◇	
Necesidad 7		8			○		◇	◇	●					●	◇					
Necesidad 8		10									●			○						
Necesidad 9		7		◇							●									
Necesidad 10		6		◇		◇						●						●	○	○
Necesidad 11		10		◇	●		●		◇				●							
Necesidad 12		11					◇			○	○			●			●			
Necesidad 13		10				◇	○		○					◇	●					
Necesidad 14		14														●				◇
Necesidad 15		7				○	●		◇	◇				◇			●			
Necesidad 16		11									●							●		
Necesidad 17		11		◇			○	◇					○			●			●	○
Necesidad 18		13		◇		○	●		○		◇		○							

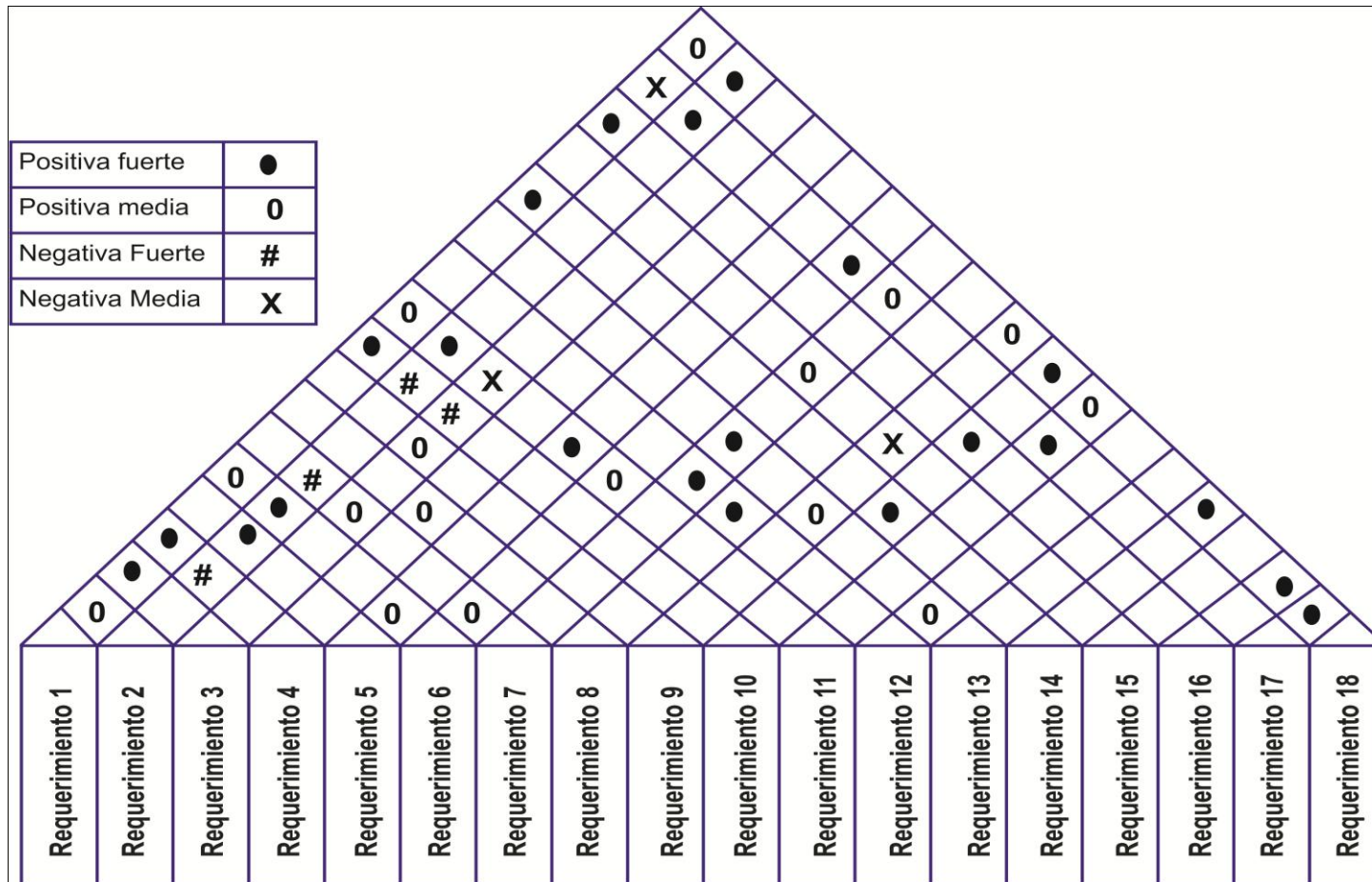
8.6.2 Nivel de importancia requerimientos vs necesidades

Cuadro 12. Nivel de importancia requerimientos vs necesidades

Fuerte	□ (9)	Importancia	Requerimientos 1	Requerimientos 2	Requerimientos 3	Requerimientos 4	Requerimientos 5	Requerimientos 6	Requerimientos 7	Requerimientos 8	Requerimientos 9	Requerimientos 10	Requerimientos 11	Requerimientos 12	Requerimientos 13	Requerimientos 14	Requerimientos 15	Requerimientos 16	Requerimientos 17	Requerimientos 18	Nivel de Importancia
Moderado	○ (3)																				
Débil	◇ (1)																				
Necesidad 1	9	□	□	○	○	◇	○	◇				○	○			○		○	○	□	477
Necesidad 2	6	□	□		◇	□	○						○			○			○		240
Necesidad 3	4	◇	◇	□												◇			◇		52
Necesidad 4	7	□	◇		□											◇		◇	○	◇	175
Necesidad 5	10	◇	○		◇	□	◇	◇							○						190
Necesidad 6	4	◇				○	□												◇		56
Necesidad 7	8	◇		○		◇	◇	□						□	◇						200
Necesidad 8	10									□	□			○							210
Necesidad 9	7		◇								□										70
Necesidad 10	6	□	◇		◇							□						□	○	○	210
Necesidad 11	10	◇	◇	□		□		◇					□								300
Necesidad 12	11					◇				○	○			□			□				275
Necesidad 13	10				◇	○		○						◇	□						170
Necesidad 14	14	○														□				◇	182
Necesidad 15	7	◇			○	□		◇	◇					◇			□				175
Necesidad 16	11	○										□						□			231
Necesidad 17	11	○	◇			○	◇									□			□	○	319
Necesidad 18	13	○	◇		○	□		○			◇		○							□	416
			442	223	177	182	517	110	177	130	199	180	174	218	128	281	162	187	191	270	3948
			11.1	5.7	4.4	4.6	13	2.7	4.4	3.4	5.1	4.5	4.4	5.5	3.3	7.3	4.2	4.7	4.8	6.8	

8.6.3 Relación de los requerimientos

Figura 10. Relaciones de los diferentes requerimientos.



8.6.4 Análisis del nivel de importancia requerimientos vs necesidades. Este sector de la casa de calidad llamado relaciones, permite saber cuál es la necesidad que demanda más requerimientos técnicos o recursos para cumplir su objetivo. Si se observa la cuadro 10, se puede apreciar que la necesidad 1 (Que el proceso se realice solo, sin intervención de operarios) la cual presenta una valoración de 477 es la más compleja de suplir.

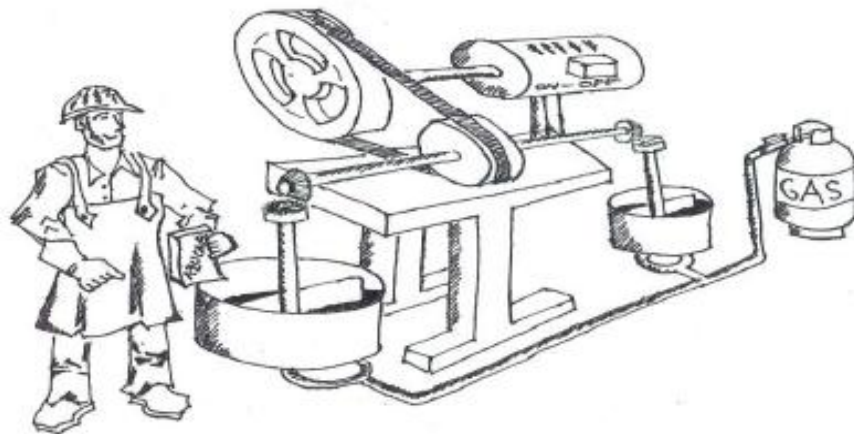
El requerimiento No.5 (Interfaz amigable con usuario), con un valor de importancia de 13% es uno de los requerimientos más importantes en la correlación con las necesidades y respecto al diseño en general.

8.7 GENERACIÓN DE CONCEPTO

8.7.1 Descomposición funcional (función global y sub funciones). En la figura 11, se puede observar la máquina mezcla procesadora. Con el propósito de describir y resolver los problemas de diseño, es útil aplicar el concepto de función global, que es cualquier transformación (en el sentido de realización de una tarea) entre unos flujos de entrada y salida, tanto si se trata de funciones estáticas (invariantes en el tiempo) como de funciones dinámicas (que cambian con el tiempo) la función global es, una formulación abstracta de una tarea, independientemente de la solución que la materializa.

Esta función representa la tarea global que debe realizar el producto que se ha diseñado y se establece como una caja negra que relaciona los flujos de entrada y los de salida, en la figura 12 se puede apreciar dicha función. Sin embargo, esta representación es muy esquemática y, para obtener una representación más precisa, hay que dividir la función global en sub funciones (correspondientes a sub tareas) y a la vez, establecer las relaciones de flujos entre estas funciones.

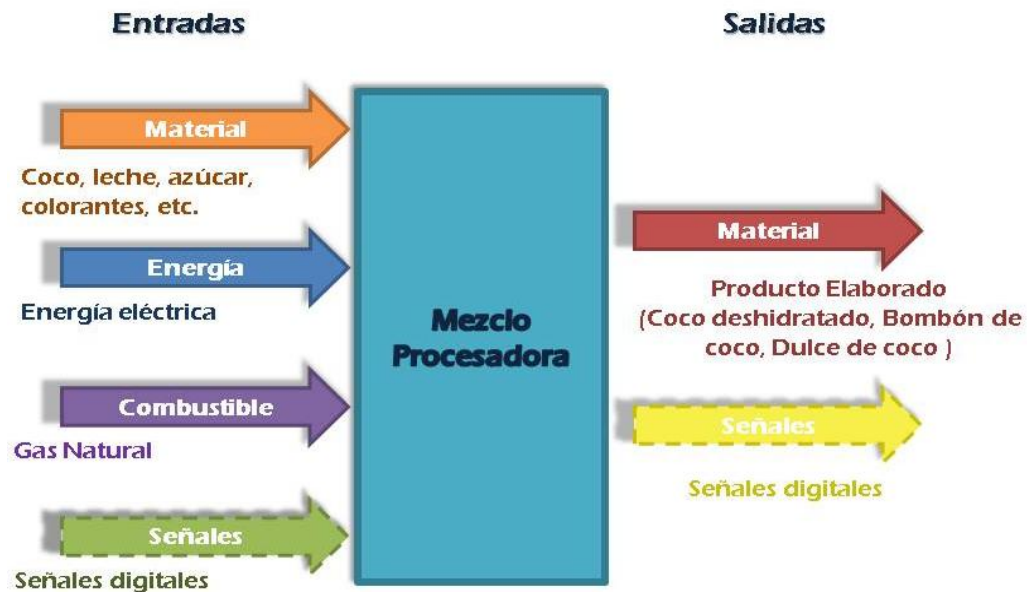
Figura 11. Máquina mezclo procesadora



La figura 12 describe de forma general el proceso realizado por la máquina mezclo procesadora. La descomposición funcional propone la desintegración del proceso en sub funciones y subconceptos que permitan entender de manera más detallada el sistema.

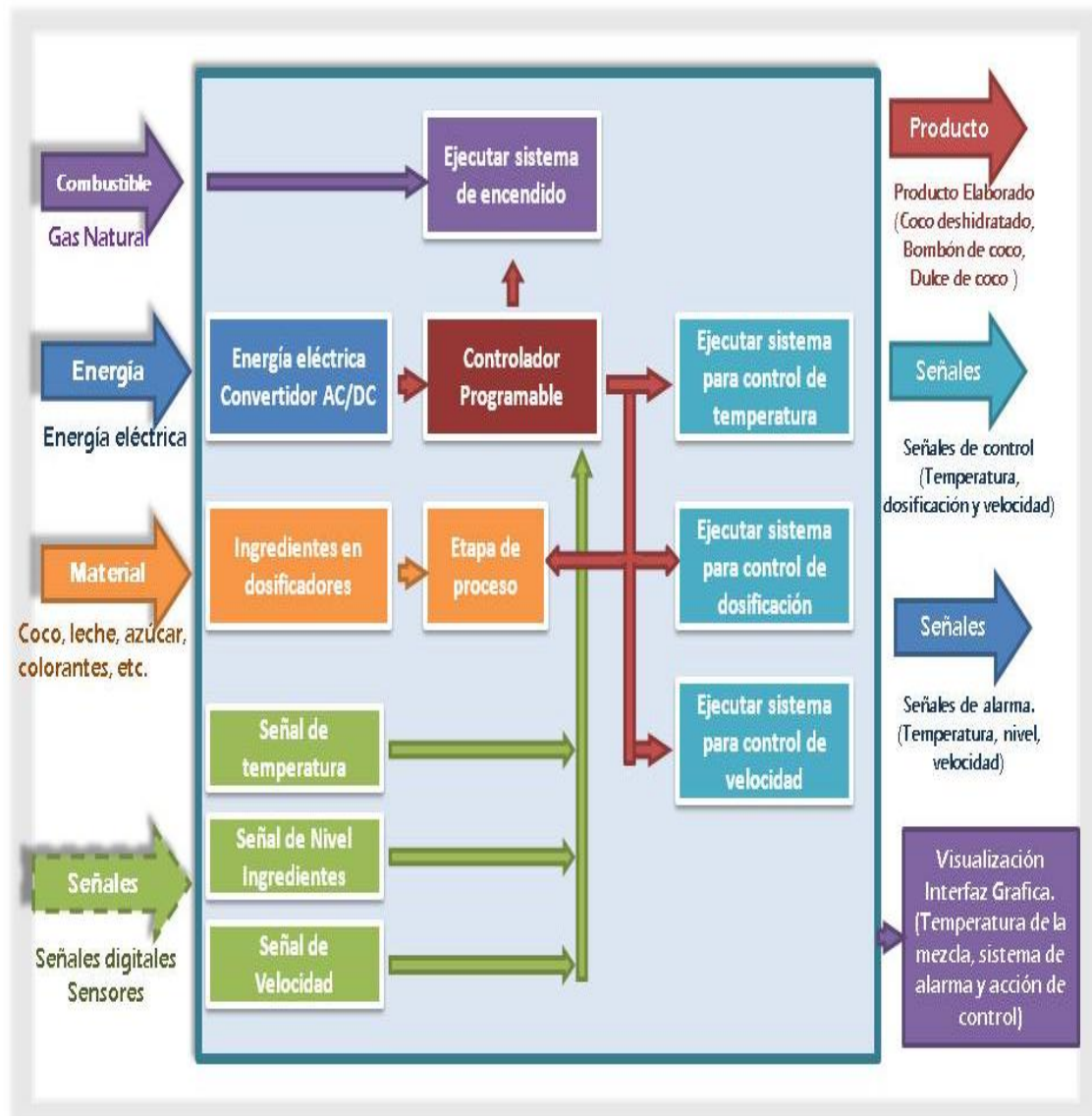
En otras palabras debemos mostrar el sistema al interior de la caja negra, para comprender como es la relación entre las entradas del sistema y las salidas.

Figura 12. Caja negra del sistema



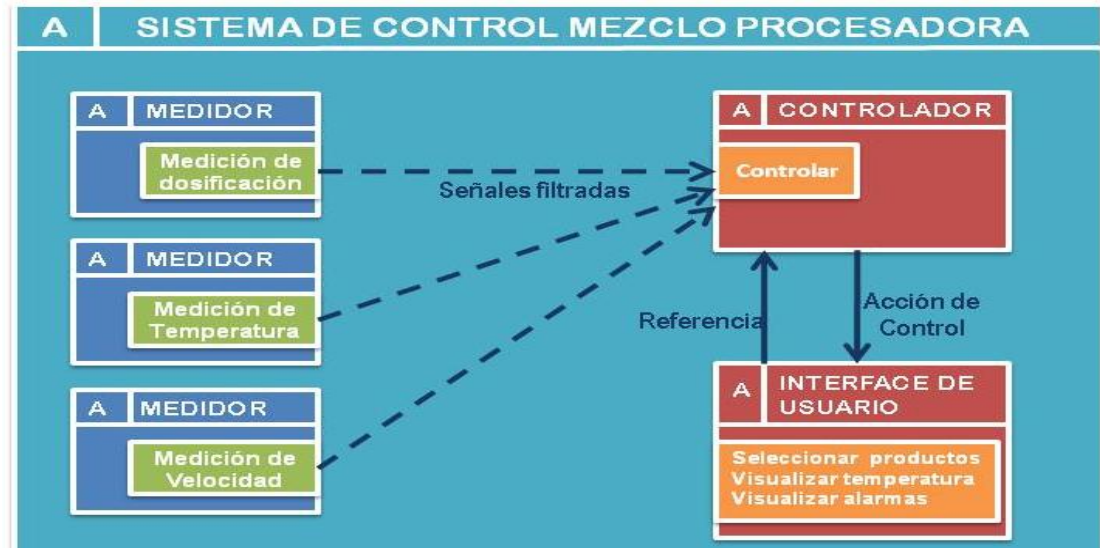
8.7.2 Subfunciones. Se procede a diseñar un sistema funcional compuesto por sub-funciones ya conocidas en donde se sigue un flujo de señales para determinar operaciones previas y posteriores para obtener los resultados deseados. El esquema se observa en la figura 13.

Figura 13. Esquema de descomposición funcional



8.7.2.1 Sistema de control mezcla procesadora

Figura 14. Sistema de control



Especificaciones y Restricciones

- El sistema debe medir una señal de velocidad en el mezclado de los ingredientes que hacen parte de la elaboración de del producto seleccionado previamente por el operario en la máquina esta medición de la velocidad es sensada y entregada por un tacogenerador.
- La señal medida se necesita digitalizar y aplicarle un filtrado debido al ruido generado por el tacogenerador.
- El valor de la señal de velocidad capturado y filtrado debe ser transmitido a los componentes control e interfaz de usuario.

Especificación funcional – Controlador.

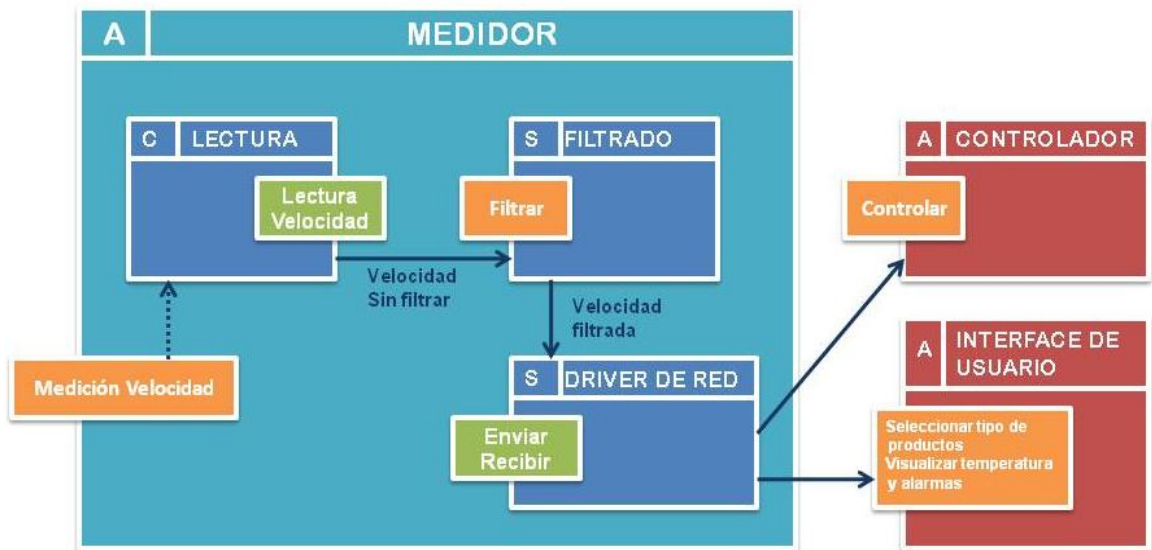
- Recibe el dato filtrado por el medidor y el valor de referencia del componente de Interfaz de Usuario.
- Calcula la acción de control, la aplica al motor y la transmite al componente de Interfaz de Usuario.

Especificación funcional – interfaz de usuario:

- Visualizar los valores de Velocidad y de la Acción de Control. En el proceso
- Visualizar temperatura de la mezcla realizada durante el proceso.
- Muestra información operativa del sistema.
- Visualizar sistema de alarma.
- Visualizar opciones que el operario puede seleccionar tales como: realizar producto A, producto B, producto c. y las cantidades a realizar.

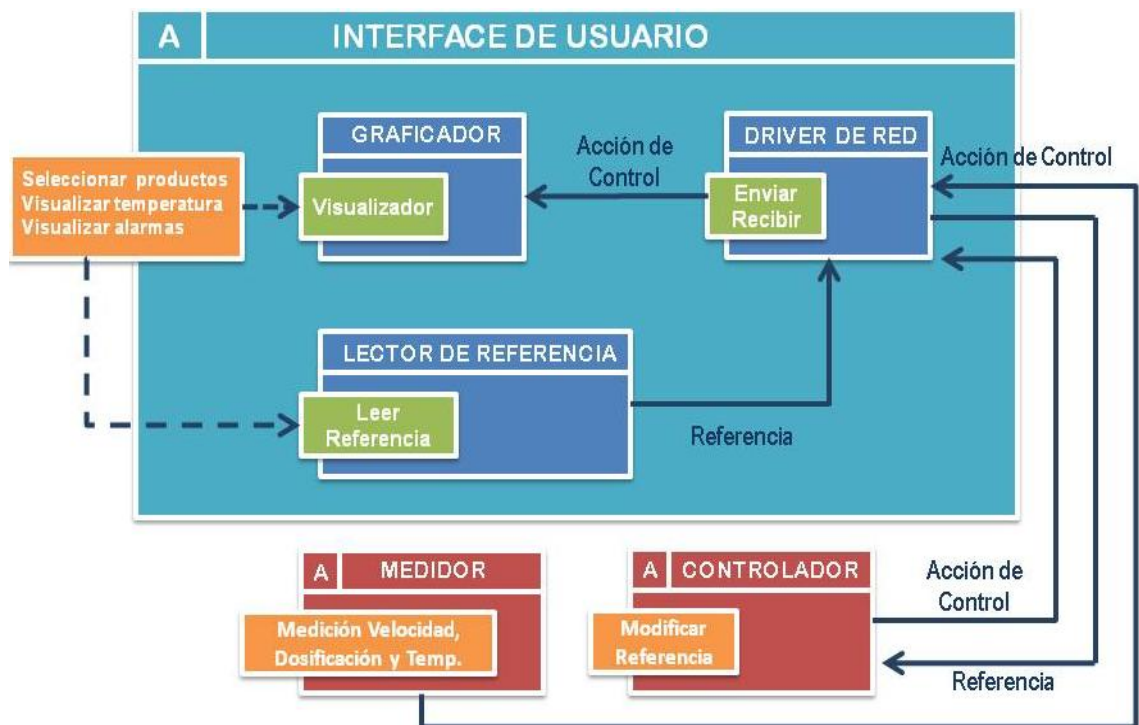
8.7.2.2 Descomposición funcional del medidor (temperatura, dosificación, velocidad de mezclado)

Figura 15. Medidor



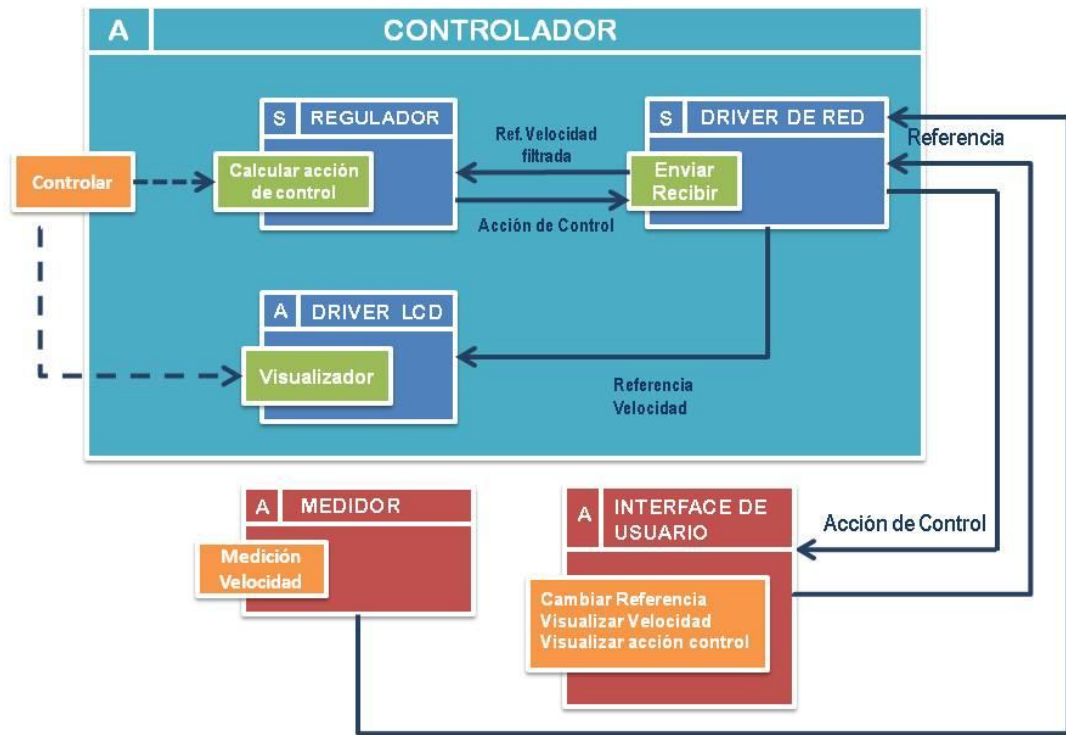
8.7.2.3 Descomposición funcional interface de usuario

Figura16. Interface de usuario



8.7.2.4 Descomposición funcional del controlador

Figura 17. Controlador



8.8 GENERACION DE CONCEPTOS PARA SUB FUNCIONES.

Para realizar el diseño se ha generado conceptos para cada una de las subfunciones de la descomposición funcional.

Sensar temperatura en el proceso.

- Termistor (RTD)
- Termocupla
- Sensor de estado solido
- Pirómetros
- Bandas de metal

Almacenar ingredientes (dosificadores)

- Dosificadores cilíndricos.
- Dosificadores cúbicos.

Sensar velocidad de rotación aspas de la máquina

- Tacó generador
- LVT (Linear Velocity Transducers)
- Encoder

Aceptar energía

- Aire comprimido (Neumática)
- Energía eléctrica tomada desde la pared
- Energía eléctrica tomada desde una batería
- Celdas solares
- Energía eólica
- Energía hidráulica
- Calentamiento de vapor
- Energía inalámbrica (wiretricity)

Nota:

Entre las restricciones establecidas por la empresa está, mantener la energía alterna para el funcionamiento de la máquina. Esto conlleva a no tener en cuenta los demás tipos de energía como alternativas de diseño.

Generación de señales de control

- Controlador lógico programables (PLC)
- Microcontrolador familia Atmel , PIC
- PC industrial
- FPGA
- PLD

Sensar ingredientes

Dentro de los ingredientes necesarios para elaborar los 3 tipos de productos (coco deshidratado, bombón de coco, dulce de coco) realizados durante el proceso en la máquina. Existen unos ingredientes con característica de líquidos y otros de tipo sólidos (granulados).

Sensar nivel

- Sensores de flotador
- Sensores resistivos de pulsador
- Sensores ultrasónicos
- Sensores por electrodos

Sensar peso (granos)

- Sensor capacitivo HC.
- Celdas de carga.

Mostrar variables al usuario

- Data Panel
- PC
- LCD

Sistema encendido boquillas de gas natural

- Transformador de Ignición
- Manual

Válvula de gas

- Acción proporcional
- On - off

Válvula de dosificación

- Acción proporcional
- On – off

Combustible

- Gas natural (Restricción)

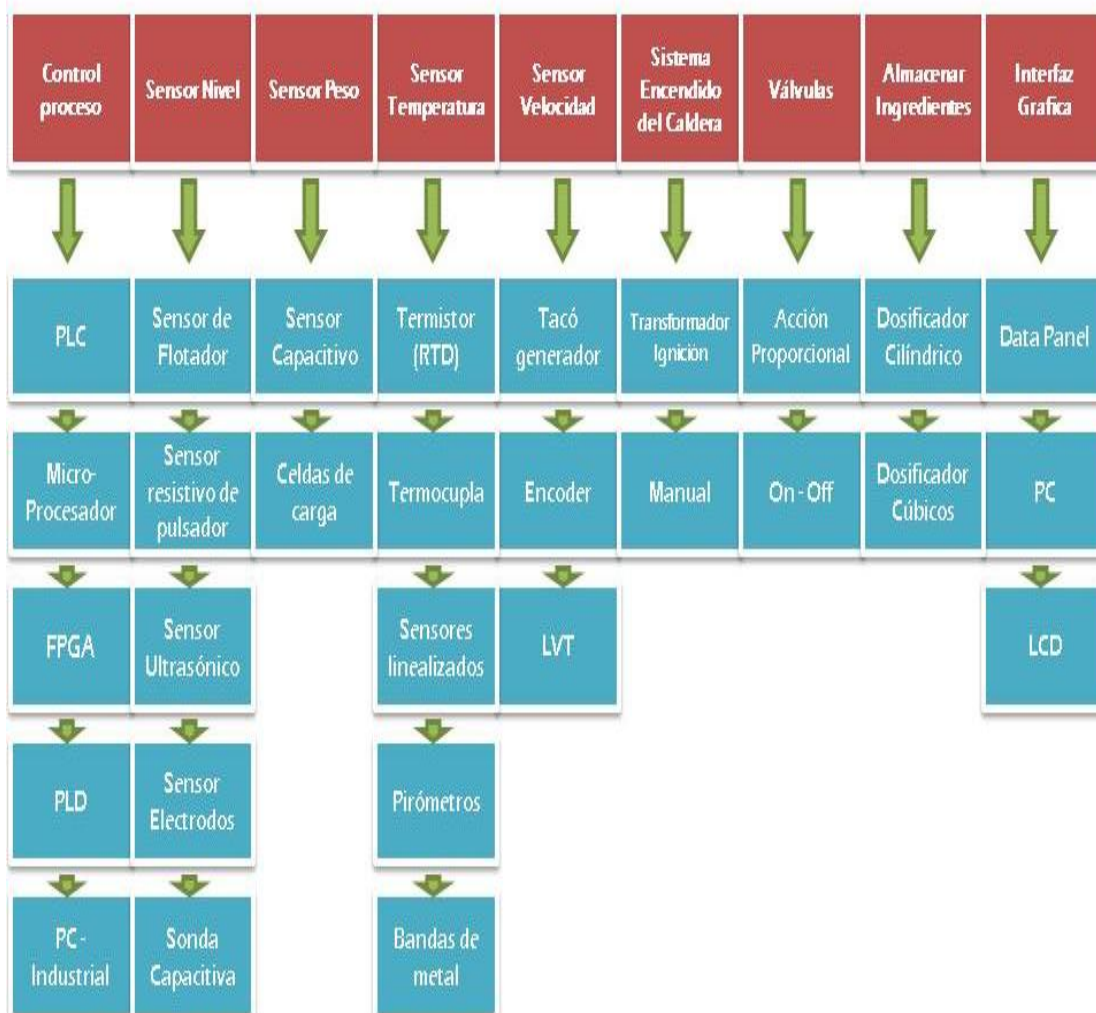
Entrada de parámetros

- Teclado PSI.
- Teclado matricial
- Pulsadores

8.9 GENERACIÓN DE CONCEPTOS DE DISEÑO

Con el objetivo de llegar a la mejor solución para cada uno de los problemas y que la máquina cumpla con las necesidades especificadas anteriormente se desarrolló una cuadro de combinación de conceptos, la cual permitirá observar de manera sistemática los conceptos generados y así mismo evaluar las diferentes opciones para brindar dicha solución.

Figura 18. Combinación de conceptos.



8.10 COMBINACION DE CONCEPTOS

CONCEPTO A

Figura 19. Esquema concepto A.

PLC	Sensor de Flotador	Sensor Capacitivo	Termistor (RTD)	Tacó generador	Transformador Ignición	Acción Proporcional	Dosificador Cilíndrico	Data Panel
-----	--------------------	-------------------	-----------------	----------------	------------------------	---------------------	------------------------	------------

CONCEPTO B

Figura 20. Esquema concepto B.

Micro-Procesador	Sensor resistivo de pulsador	Celdas de carga	Termocupla	Encoder	Manual	On - Off	Dosificador Cúbicos	PC
------------------	------------------------------	-----------------	------------	---------	--------	----------	---------------------	----

CONCEPTO C

Figura 21. Esquema concepto C.

FPGA	Sensor Ultrasónico	Sensor Capacitivo	Pirómetros	LVT	Transformador Ignición	Acción Proporcional	Dosificador Cilíndrico	LCD
------	--------------------	-------------------	------------	-----	------------------------	---------------------	------------------------	-----

CONCEPTO D

Figura 22. Esquema concepto D.

PLD	Sensor Electrodo	Celdas de carga	Bandas de metal	Tacó generador	Manual	On - Off	Dosificador Cúbicos	Data Panel
-----	------------------	-----------------	-----------------	----------------	--------	----------	---------------------	------------

CONCEPTO E

Figura 23. Esquema concepto E.

Micro-Procesador	Sonda Capacitiva	Celdas de carga	Termocupla	Tacó generador	Transformador Ignición	Acción Proporcional	Dosificador Cúbicos	LCD
------------------	------------------	-----------------	------------	----------------	------------------------	---------------------	---------------------	-----

CONCEPTO F

Figura 24. Esquema concepto F.

Micro-Procesador	Sensor resistivo de pulsador	Celdas de carga	Pirómetros	Tacó generador	Transformador Ignición	Acción Proporcional	Dosificador Cúbicos	LCD
------------------	------------------------------	-----------------	------------	----------------	------------------------	---------------------	---------------------	-----

CONCEPTO G

Figura 25. Esquema concepto G.

PLC	Sonda Capacitiva	Celdas de carga	Termocupla	Tacó generador	Transformador Ignición	Acción Proporcional	Dosificador Cilindrico	LCD
-----	------------------	-----------------	------------	----------------	------------------------	---------------------	------------------------	-----

CONCEPTO H

Figura 26. Esquema concepto H.

PC-Industrial	Sensor de Flotador	Sensor Capacitivo	Termistor (RTD)	Encoder	Transformador Ignición	Acción Proporcional	Dosificador Cilindrico	PC
---------------	--------------------	-------------------	-----------------	---------	------------------------	---------------------	------------------------	----

CONCEPTO I

Figura 27. Esquema concepto I.

PC-Industrial	Sensor Electrodo	Celdas de carga	Termistor (RTD)	LVT	Transformador Ignición	Acción Proporcional	Dosificador Cúbicos	LCD
---------------	------------------	-----------------	-----------------	-----	------------------------	---------------------	---------------------	-----

8.11 ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE DISEÑO

Procesar información. Esta subfunción es la encargada de recibir la información capturada por los sensores con el fin de tener control sobre el proceso.

- Cabe aclarar que aunque se puede automatizar este proceso con un PLC, no se debe de caer en la tentación de convertirlo en la panacea para solucionar los objetivos planteados. La utilización de un PLC debe ser justificada para efectos de optimizar sobre todo los recursos económicos los cuales para empresas pequeñas son de gran consideración. Los PLC permiten solucionar las limitaciones que se pueden tener en el diseño con otros dispositivos de procesamiento con las entradas y salidas para controlar el proceso. En la actualidad los PLC modernos han sido diseñados para múltiples entradas y salidas.

La integración de este dispositivo en el procesamiento de señales en el proceso facilita un control preciso, rapidez de respuesta y garantiza una mayor seguridad industrial respecto a otros dispositivos de procesamiento planteados.

Es importante mencionar que este tipo de elementos no son la mejor opción para el diseño ya que una implementación a partir de PLC implicaría un alto costo en un diseño que se puede realizar con dispositivos más económicos.

- Los sistemas automatizados, los cuales integran en el control de un proceso, microcontroladores tienen una ventaja. Posibilidad de realizar modificaciones en el comportamiento del proyecto simplemente actualizando el software que ejecuta el microcontrolador de una manera sencilla. En un diseño tradicional, una tarea tan sencilla como modificar un tiempo de respuesta o agregar alguna pequeña función no contemplada en el diseño original obliga a construir un nuevo circuito impreso, agregar o quitar integrados, etc. Si el proyecto está construido en torno a un microcontrolador, en pocos minutos se puede tener el nuevo proyecto funcionando. Además se puede escoger dentro de una gamma amplia el mejor microcontrolador teniendo en cuenta el número de entradas y salidas, tiempos de procesamiento, módulos de transmisión de datos y conversión a un bajo costo. En términos simples, podemos definir a un microcontrolador como un circuito integrado (chip) que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, memoria y unidades de E/S, es decir, se trata de una computadora completa en un solo circuito integrado. Aunque por supuesto sus prestaciones son limitadas si las comparamos con las de cualquier ordenador personal, además de dicha integración, su característica principal es su alto nivel de especialización.

- Los PLD's son circuitos integrados en los que se pueden programar ecuaciones lógicas Booleanas, tanto combinatorias como secuenciales. En otras palabras estos dispositivos se pueden programar los estados del proceso realizado por la máquina (mezcla procesadora). Existen actualmente una gran variedad de estos chips, y algunos de ellos pueden contener hasta 10,000 compuertas lógicas. Este tipo de integrados es una solución eficiente en este proyecto ya que un dispositivo como este puede ejecutar la máquina de estado del proceso de una forma fácil y eficiente.

En resumen, los PLD's combinan muchos de los beneficios de la lógica discreta (utilización de circuitos integrados comerciales TTL o CMOS) con la gran ventaja de implementar circuitos a la medida del cliente. Entre otras ventajas de esta tecnología son :

- Diseño sencillo
- Alto rendimiento
- Fiabilidad
- Ahorro en costo
- Reprogramación
- Seguridad

Los PLD no son tenidos en cuenta para muchas soluciones a nivel industrial, debido a que se ven afectados por ruido electromagnético el cual es una constante en este tipo de procesos. Razón por la que se descarta este dispositivo.

- Una solución pensada con una unidad de procesamiento FPGA, sería una alternativa en la cual se desperdiciaría muchos recursos. Este tipo de dispositivos son de alta velocidad de procesamiento que utilizan lógica concurrente. Es decir pueden trabajar procesando información de manera paralela. El proceso que se desea automatizar, se caracteriza por el control de variables lentas tales como temperatura nivel y dosificación. Además las FPGA económicas en el mercado poseen una desventaja, una vez energizada la tarjeta, la información de programa se borra, lo anterior causaría que el operario de la mezcla procesadora deba programar el dispositivo con la rutina de control cada vez que empiece su turno.

Un diseño pensado a partir de esta clase de dispositivos garantizaría un procesamiento de alta velocidad lo cual no es necesario para este diseño.

Sensar Temperatura. El sensado de temperatura es importante ya que permite tanto al operario como a la máquina determinar el estado y la temperatura del proceso.

- Los termopares generan un voltaje eléctrico producido por la unión de conductores diferentes y que cambia con la temperatura, este voltaje se usa como medida indirecta de la temperatura es una solución viable para este proyecto ya que por medio de una adecuación de la señal se puede obtener mediciones de 25°C hasta 350°C necesarios para cumplir las necesidades planteadas por la empresa.
- Los pirómetros son dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella. El término se suele aplicar a aquellos instrumentos capaces de medir temperaturas superiores a los 600° Celsius. El rango de temperatura de un pirómetro se encuentra entre -50 grados Celsius hasta +4000 grados Celsius. Una aplicación típica es la medida de la temperatura de metales incandescentes en molinos de acero o fundiciones. No sería conveniente incluir este tipo de dispositivos dentro del diseño ya que para el control de la temperatura el intervalo de medición no es tan elevado, lo anterior sería un desperdicio de recursos a nivel de instrumentación.
- Las bandas metálicas son dos tiras de metal delgadas, unidas en uno de sus extremos, se dilatan a diferente velocidad cuando cambia la temperatura. Estas tiras se utilizan en los radiadores de los automóviles, y en los sistemas de calentamiento y aire acondicionado. Este método de medición no ha sido utilizado para el control de temperatura en procesos industriales.
- Los Sensores linealizados para sensar temperatura, son una excelente solución a la hora de obtener mediciones exactas de forma lineal y lo más importante a bajo costo. Necesitan poca instrumentación para adecuar la señal de salida la cual será enviada al controlador o conversor análogo digital. Esta es la razón que son muy utilizados para medir variables análogas existentes en los procesos además se encuentran en el mercado una amplia variedad de opciones, permitiendo seleccionar la mas adecuada teniendo en cuenta las necesidades en el proceso. sería una decisión funcional, económica, fiable, fácil mantenimiento. Este tipo de dispositivo integrado en la medición.

- Existen muchas ventajas a la hora de sensar temperatura con un medidor de temperatura RTD. Cuando se habla de este tipo de dispositivos integrado a los procesos de automatización se debe entender que este es un detector de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. No sería conveniente tener en cuenta este tipo de dispositivo en la automatización del proceso, ya que una de las características en la mezcla procesadora es la alta vibración y ruido electromagnético producido por el motor principal encargado de generar un movimiento de rotación que permite mezclar los ingredientes. Los RTD se ven afectados considerablemente por este tipo de fenómeno disminuyendo su vida útil y afectando la medición.

Un diseño integrando este tipo de dispositivo en la medición de temperatura implicaría un costo mayor que el de un termopar o un termistor además el tamaño y la masa de un RTD será también mayor, limitando además su velocidad de reacción.

Sensar nivel. El sensado del nivel es importante ya que permite tanto al operario como a la máquina determinar el estado y nivel de los diferentes ingredientes líquidos dispuestos en los dosificadores para el inicio del proceso.

- Los sensores que utilizan la técnica del flotador para medir nivel de líquidos son soluciones económicas, pero cada vez menos común en la industria en general, se emplea muy frecuentemente en el campo del tratamiento de aguas potables y de desechos. No sería una buena opción la utilización de este método ya que en la actualidad existen técnicas de sensado más exactas y de bajo costo.
- Los sensores ultrasónicos para la medición de nivel en líquidos funcionan emitiendo y recibiendo ondas de sonido de alta frecuencia. La frecuencia generalmente es de aproximadamente 200 kHz, un valor demasiado alto para ser detectado por el oído humano.

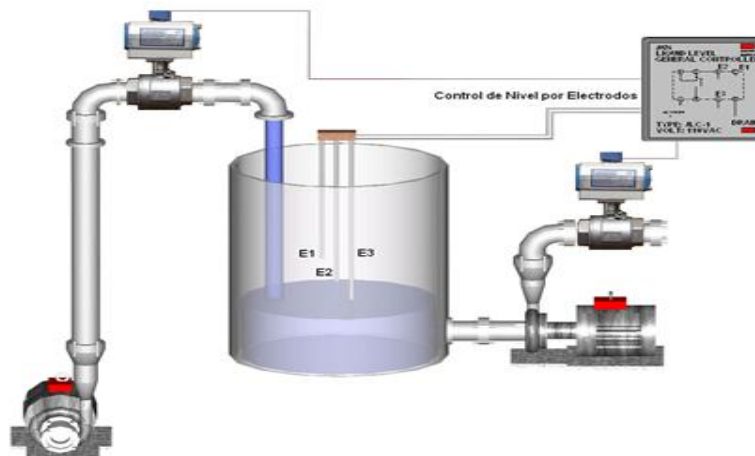
Este tipo de dispositivos son funcionales y viables en el diseño, ya que se encuentra una gama amplia en el mercado, precios económicos que brindan una solución eficiente en la medición de líquidos. Además son sensores de alta precisión y su instrumentación no es compleja.

Los procesos en la industria que utilizan el método de medición por electrodos son sistemas económicos, confiables y de bajo mantenimiento, apropiado para fluidos conductivos en tanques presurizados o abiertos. La medición por electrodos permite la entrada para 3 o más electrodos. Una ventaja de esta técnica la cual es muy utilizada en la industria es que permite el sensado de diferentes niveles dentro de recipiente como se puede observar en la figura No 27. No es conveniente considerar este método en el proceso de diseño ya que se tienen diversos líquidos con diferente de conductividad.

Características de la medición

- Señal temporizada para evitar el efecto de oleaje.
- Control para alto o bajo nivel con retención para llenado o drenaje de tanques.
- Entrada para tres electrodos: E1 nivel alto, E3 referencia, E2 nivel bajo.

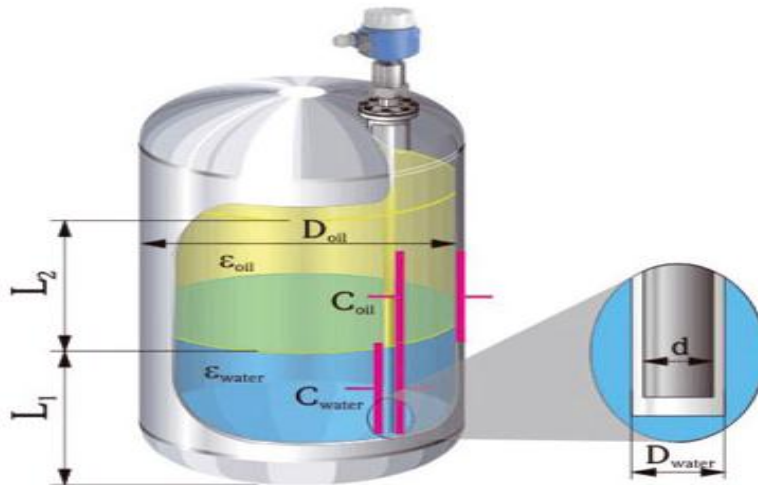
Figura 28. Medición de nivel por medio de electrodos.



Fuente: Elementos para la instrumentación industrial catalogo p. 27

- La sonda capacitiva en combinación con la pared metálica del tanque forma los dos electrodos de un condensador y el producto del interior es el dieléctrico. La sonda debe ser totalmente aislada para prevenir un cortocircuito con líquidos conductivos. Los líquidos de baja constante dieléctrica (DC) generan bajos valores de capacidad y, por el contrario, los valores de alta DC causan grandes variaciones de capacidad. El hecho es que medir interfaces con sondas capacitivas es muy simple. El rango de medida de la interface será una indicación de la altura del líquido que tenga mayor constante dieléctrica DC. Si aumenta el nivel del producto de baja constante dieléctrica, la señal de la sonda capacitiva disminuirá.

Figura 29. Medición de nivel por medio de sonda capacitiva



Fuente: Elementos para la instrumentación industrial catalogo p.34

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot h}{\ln(D/d)}$$

Para utilizar este efecto de la diferencia de constantes dieléctricas, ambos productos deben tener una constante dieléctrica muy diferente. Contra menor sea la diferencia entre ambos valores, mayor será la influencia del fluido superior en la precisión total del sistema.

C = capacidad

ϵ_r = Constante dieléctrica del producto (DC)

ϵ_0 = Permisividad del vacío

D = Diámetro exterior del electrodo

d = Diámetro interior del electrodo

Sensar peso. Es importante el sensado del peso ya que permite tanto al operario como a la máquina determinar el estado y nivel de los diferentes ingredientes granos dispuestos en los dosificadores para el inicio del proceso.

- Los sensores capacitivos para medir el peso se caracterizan por ser costosos en el mercado. Aunque hay que destacar la altísima precisión en la medición, sin desgaste mecánico, ampliamente insensibles contra atmósferas agresivas y sustancias corrosivas, accionamiento libre de rebotes, prolongada vida útil y facilidad de montaje.

- Durante muchos años se han utilizado diferentes tipos de celdas de carga en aplicaciones en la industria de alimentos. una de las ventajas que se obtendría al tener en cuenta las celdas de carga para el pesaje de los ingredientes con característica solida, sería la exactitud y precisión que se puede lograr por medio de este método. La instrumentación electrónica puede llegar a niveles aceptables en la medición de estos. Las celdas de cargas son dispositivos que miden un peso (como una balanza). Están compuestos por dos partes principales que son el cuerpo deformable y los strain gage. EL primero es una pieza generalmente de acero que tiene un diseño muy estudiado de modo que cuando se le aplica una carga (una fuerza) en un punto o zona, se deforma de una manera conocida. Esta deformación se calcula por métodos computacionales como el de los elementos finitos y se usa como teoría para el cálculo la "teoría de la elasticidad lineal". El segundo (strain gage) son unas resistencias que varían su valor de acuerdo con su deformación. Estas resistencias se pegan en puntos específicos del cuerpo deformable (los puntos de mucha deformación). Entonces se sabe que el cuerpo a determinada carga debe deformarse cierto valor el cual lo indica el strain gage se puede conocer que carga se le esta aplicando al cuerpo deformable.

Sistema encendido boquillas de gas. Esta sub función básicamente es la encargada de generar la chispa para el encendido automático de la llama de gas.

- Los transformadores para ignición, son una muy buena alternativa para solucionar el encendido automático de la llama de gas. Estos son transformadores elevadores de tipo seco, de alta reactancia, usados para el encendido de los quemadores de gas. Tales transformadores están limitados a las tensiones primarias de 120 ó 240 V. Las tensiones secundarias están limitadas a 15 400 V y normalmente la gama va desde los 6 000 a los 14 000 V. La gama de corrientes nominales en el secundario va desde 20 a 28 mA y la de potencias de 140 a 430 VA.

Válvulas. Por medio de las válvulas se logra controlar el flujo de un fluido a través de las tuberías.

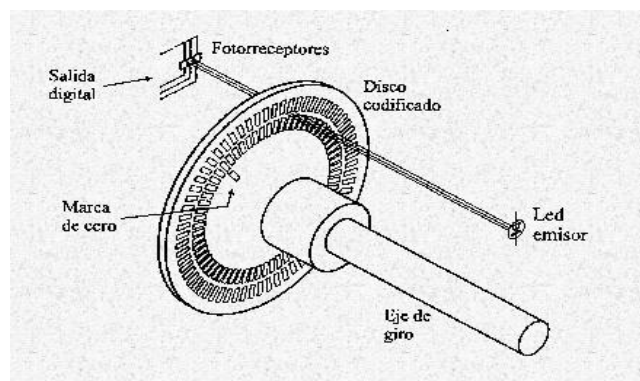
- Las válvulas de tipo proporcional son válvulas que dejan pasar un flujo o caudal proporcional, en función de la variable que este controlando. En este proceso permitiría la entrada de gas para controlar la temperatura en los recipientes permitiendo un control en la llama de forma eficiente. La utilización de este tipo de válvula sería mejor que las válvulas de tipo ON OFF para el control de la temperatura ya que las 3 recetas son realizada por la máquina a temperaturas diferentes y se necesita un control de temperatura forma gradual.

- Para el control en la dosificación, las electroválvulas deben ser de tipo ON OFF. Estas válvulas son aquellas que regulan el paso del fluido en forma discreta, es decir, la válvula se abre completamente para permitir el paso de ingredientes (sin importar su cantidad), o se cierra completamente para cortar el paso. Este tipo de válvula sería una buena solución para el control en la dosificación de ingredientes, una de las características del proceso es la necesidad de dosificar de una forma rápida los ingredientes, para minimizar tiempos en la elaboración de los productos.

Sensar Velocidad. Es importante tener control sobre la velocidad a la cual debe girar el rotor del motor para realizar una mezcla homogénea.

- Los codificadores ópticos o encoders incrementales se utilizan fundamentalmente para el cálculo de la posición angular. Estos generan señales digitales en respuesta al movimiento. Están disponibles en dos tipos, uno que responde a la rotación, y el otro al movimiento lineal. Cuando son usados en conjunto con dispositivos mecánicos tales como engranes, ruedas de medición o flechas de motores, estos pueden ser utilizados para medir movimientos lineales, velocidad y posición. Durante mucho tiempo han sido utilizados para sensar la velocidad de rotación en rotores. En la Figura No 29 se puede observar cómo sería una implementación típica en el rotor del motor de la máquina para sensar la velocidad a partir de pulsos generados. Una implementación utilizando este método, no sería funcional en el proyecto ya que necesita un espacio considerable para realizar algunos ajustes mecánicos tales como: disco integrado al rotor del motor. Es importante anotar que uno de los inconvenientes observados en la máquina, es el poco espacio existente para realizar algunos rediseños.

Figura 30. Rotor del motor en la mezcladora



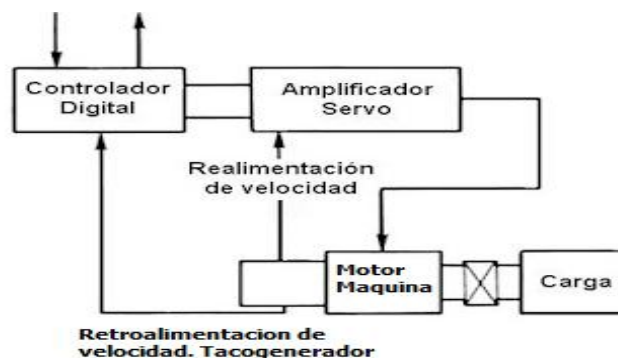
Fuente: Sensores internos. Documento informativo, [en línea], [consultado por última vez 14 febrero de 2012], disponible en internet:

<http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/asignaturas/ROB/optativos/Sensores/internos.html>

- Los sensores LVT. no serían una buena alternativa en el diseño, aunque sean diseñados para mediciones en las cuales se necesite alta resolución, poco rozamiento y alta repetitividad. Estos son por lo general utilizados para aplicaciones en las cuales la medición debe tomarse para pequeños desplazamientos. el rotor del motor en la mezcla procesadora, los desplazamientos son continuos, variables y grandes dependiendo de la velocidad programada por el operario de turno. Este tipo de sensores se basan en un principio electromagnético similar al que veíamos en los sensores de posición LVDT. Los sensores LVT constan de un núcleo magnético permanente en forma de varilla; este núcleo es el que es conectado al dispositivo cuya velocidad vamos a medir. Arriba y abajo de la varilla se deponen dos espirales conductoras. Por la ley de Faraday, en las espiras se desarrolla una diferencia de potencial proporcional al cambio en el campo magnético al que están sometidas. Puesto que el núcleo es un imán permanente, el cambio en el campo sólo puede estar provocado por el movimiento de dicho núcleo.

- El Tacogenerador una excelente alternativa para la medición de la velocidad de rotación en el rotor del motor. Este dispositivo es una buena alternativa desde el punto de vista económico, simplicidad de integración al sistema existente, precisión en la medición, y fácil acondicionamiento de la señal medida. Además son dispositivos a los cuales se les puede realizar un fácil mantenimiento preventivo y correctivo. Estos dispositivos generan o proporciona una tensión proporcional a la velocidad de giro del eje. el acondicionamiento en la señal necesita una instrumentación sencilla, aprovechando que la impedancia de salida es alta. Son dispositivos económicos en relación con la linealidad que se puede lograr en su medición. Estos dispositivos son de suma importancia en la industria por su fiabilidad y sencilla adaptación a los sistemas existentes.

Figura 31. Acople de Tacogenerador a motor



Fuente: Sensores internos. Documento informativo, [en línea], [consultado por última vez 14 febrero de 2012], disponible en internet:
<http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/asignaturas/ROB/optativos/Sensores/internos.html>

Interfaz Grafica. Es importante ya que permite evaluar información operativa del sistema. Tales como sistema de alarma, estado del proceso, opciones seleccionadas por el operario de turno referente a qué tipo de producto desea realizar, Entre otras.

- Las pantallas de cristal líquido LCD o display LCD para mensajes (Liquid Cristal Display) sería una muy buena opción para mostrar variables del proceso tales como temperatura en la mezcla, sistema de alarmas, opciones seleccionadas por el usuario, información operativa del sistema (inicio del proceso o finalización de este), entre otras. Esta pantalla tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información de una forma fácil y económica. Sería una muy buena opción. En la actualidad existen LCD gráficos en el cual se pueden representar de mejor forma apuntándole a la estética algunas variables del proceso. Estos dispositivos son de bajo Consumo estamos hablando del orden de 7.5mW. Sería una muy buena opción comparada con un PC industrial pensando en el consumo energético, el cual es una de las necesidades que debe considerar el diseño. Sumado a lo anterior, los costos en la implementación se incrementarían si se integra al diseño una solución pensada a partir de un PC industrial. Es importante mencionar que estos son utilizados en la industria para mostrar información operativa de un proceso.

- Los data panel son muy útiles en el control de procesos para visualizar y operar variables. Estos dispositivos modernos permiten la comunicación con un PLC o variador de velocidad. Convirtiéndolos en una integración funcional a la hora de automatizar. Es muy importante mencionar que los data paneles son útiles en procesos donde el número de variables es grande y existen muchas opciones de operación. La gestión del proceso en la mezcla procesadora se caracteriza por haber un número de variables muy grande estamos hablando de un sistema de 10 entradas y 14 salida y los modos de operación solo son tres (Dulce deshidratado, Bombón de coco).

8.12 SELECCIÓN DE CONCEPTOS

Existen muchas metodologías para seleccionar conceptos de diseño. En este trabajo se optó por la matriz de tamizaje o matriz de selección. La cual permite evaluar los conceptos a través de un método estructurado con el fin de lograr generar un análisis de los posibles conceptos viables a la hora del diseño final.

Se tomará como referencia las máquinas mezcladoras de alimentos desarrolladas por la empresa CIDI & Asociados y CIDAM Ltda, ya que son empresas con experiencias en el desarrollo de este tipo de máquinas y dotadas de buena tecnología.

8.13 MATRIZ DE TAMIZAJE

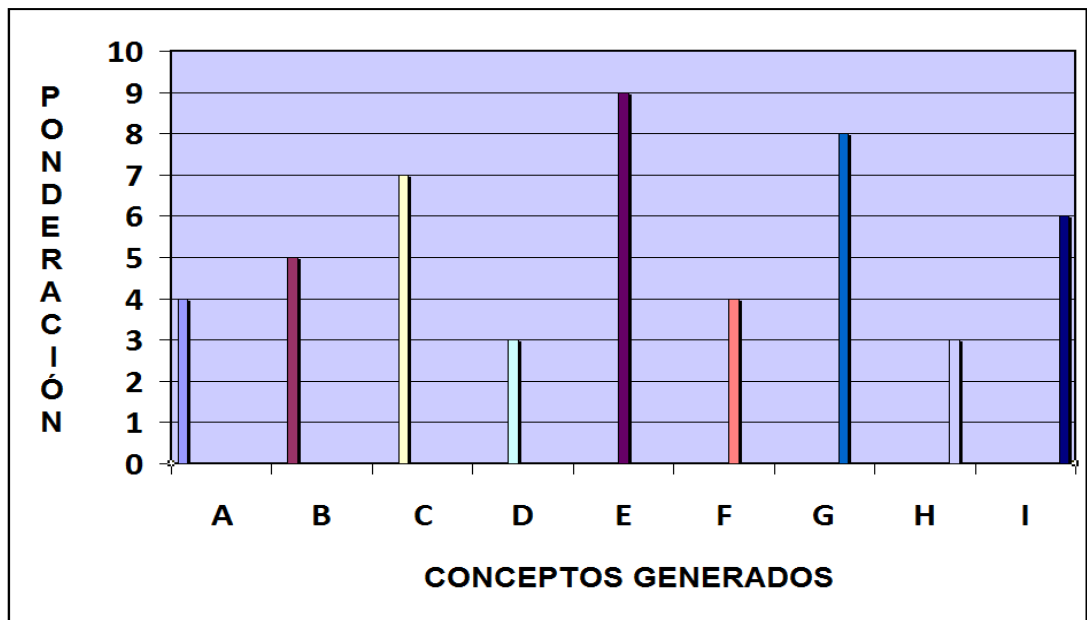
Cuadro 13. Método estructurado matriz de selección.

	VARIANTES DE CONCEPTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	R
“Que el proceso se realice solo, sin intervención de operarios.”	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
“Que el sistema permita seleccionar 3 tipos de productos a realizar (coco deshidratado, bombón de coco, coco leche)”	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
“Que la temperatura se mantenga en un rango y estable dependiendo el producto.”	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
“Que se optimicen tiempos y recursos en el proceso actual”	0	+	0	+	+	0	+	+	+	0
“Que sea fácil interactuar con el sistema.”	+	0	+	0	+	0	+	0	+	0
“Que se escuche o se vea una alarma cuando el proceso termine o la temperatura salga de rangos.”	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
“Que garantice la seguridad del operario.”	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
“Que la realización de proyecto sea económica”	-	+	+	-	+	-	+	-	-	0
“Que se mantenga la entrada de gas como combustible, y que sea económico el consumo.”	0	-	0	-	0	0	0	-	0	0
“Que ajuste automáticamente la velocidad y tiempo del mezclador dependiendo el proceso”	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
“Que se pueda ver la temperatura del proceso en todo momento.”	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
“Que las dimensiones del nuevo rediseño no sean robustas, y modifique demasiado el peso o tamaño de la máquina actual”	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
“Que el mantenimiento sea fácil de realizar”	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
“Que el sistema de dosificación de ingredientes sea exacto, en cuando a cantidades”.	-	-	0	-	+	0	0	-	0	0
“Que el diseño sea ergonómico, para facilitar el trabajo del operario.”	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
“Que la velocidad de mezclado sea estable.”	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
“Que tenga un sistema de alarma cuando se acaben los ingredientes”	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
“Que se pueda usar de modo manual o automático”	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
POSITIVOS	6	7	7	6	9	5	8	6	7	
IGUALES	10	9	11	9	9	12	10	9	9	
NEGATIVOS	2	2	0	3	0	1	0	3	1	
TOTAL	4	5	7	3	9	4	8	3	6	
¿CONTINUA?	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	

8.13.1 Análisis de resultados. Una vez realizado el método estructurado matriz de selección o matriz de tamizaje, la cual ha permitido una comparación detallada de los diferentes conceptos de diseño con respecto a las necesidades en la máquina mezcla procesadora, con el fin de analizar las opciones de concepto convenientes para llegar a un diseño final que permita cumplir con los objetivos planteados, requerimientos y necesidades de la empresa respecto al diseño propuesto.

En la matriz de tamizaje expresada por la cuadro 16 se analizan las diferentes opciones de diseño, obteniendo como las mejores alternativas de diseño los conceptos E y G, ya que son los que obtuvieron mayor puntuación, indicando claramente que son una buena alternativa de diseño.

Figura 32. Ponderación concepto generado



8.14 SELECCIÓN DETALLADA DE CONCEPTOS

El concepto de diseño debe integrar una solución que garantice cumplir rigurosamente con las necesidades planteadas por el cliente. Es necesario seleccionar el mejor concepto de los dos que mayor ponderación obtuvieron. Esta selección se realiza teniendo en cuenta la voz del ingeniero, el cual puede incluir nuevas características viables las cuales pueden ser transparentes para el cliente.

El concepto de diseño debe cumplir con los siguientes ítems.

- Costos
- Facilidad de mantenimiento
- Eficiencia
- Fiabilidad
- Dimensionado
- Minimización de tiempos

El peso de cada especificación esta ponderado de 1 a 3 siendo 3 la ponderación con mayor importancia y 1 el menos importante

Cuadro 14. Selección detallada de conceptos

	Descripción	Concepto E	Concepto G
Costos	Bajo costo	3	1
Mantenimiento	3 tipos de mantenimiento	3	2
Eficiencia	Minimizar recursos	2	3
Fiabilidad	Probabilidad de buen funcionamiento	3	3
Dimensionado	Disminución de área ocupada	3	1
Minimización de tiempos	Simplificación de estados	3	3
Total		17	13

Los anteriores filtros permiten la selección del mejor concepto de diseño. Es importante mencionar que el diseño seleccionado no solo debe cumplir con las necesidades planteadas, también debe cumplir con las restricciones planteadas por el cliente, mencionadas en el proceso de planificación.

Premisas y restricciones

- Sistema que permita la operación manual y automática.
- Interfaz gráfica de fácil operación.
- Conserva como combustible el gas natural
- Solución económica y funcional respecto a otras soluciones en mercado.
- Alimentación energía AC

9.14.1 Concepto seleccionado

Figura 33. Esquema Concepto E



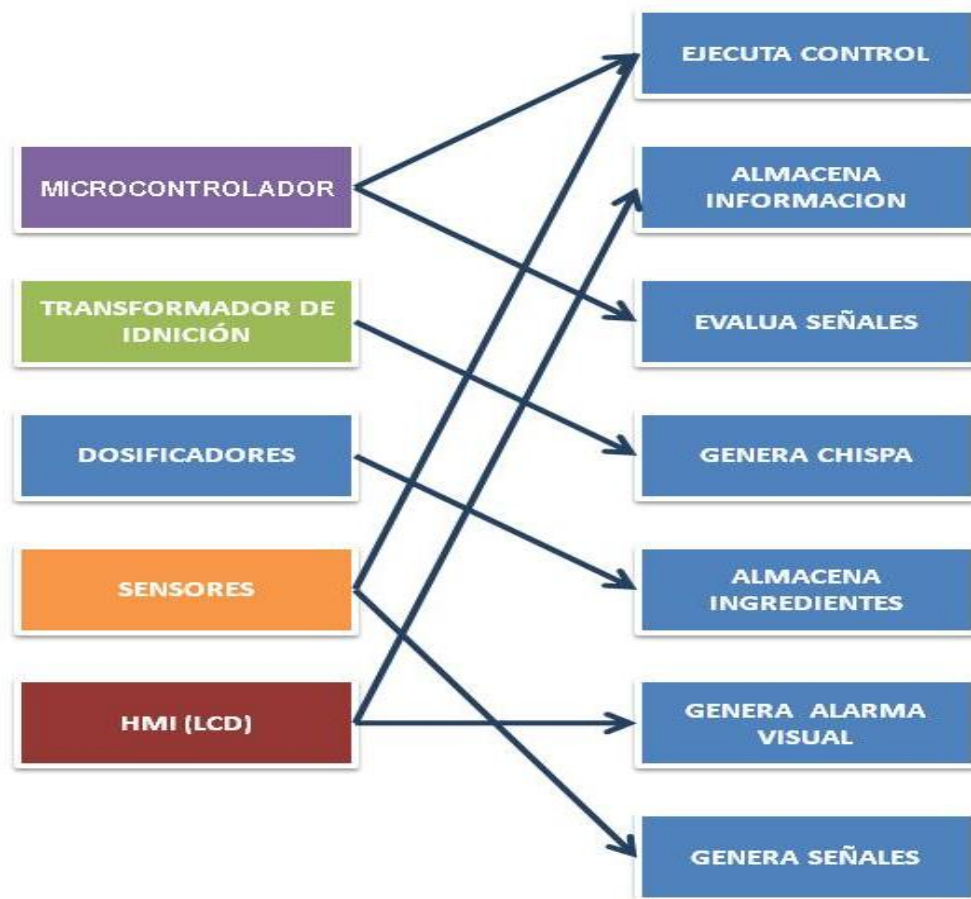
9. DISEÑO A NIVEL DEL SISTEMA

El diseño a nivel del sistema permitirá determinar la arquitectura del sistema, es decir, los elementos físicos y elementos funcionales que conforman el sistema de control, incluidas las estaciones de ingeniería y control, y dispositivos externos de captación de señales y se realiza una distribución geométrica preliminar del sistema. Igualmente se definen los modelos matemáticos y ecuaciones lógicas que se necesitan implementar en el sistema de control a diseñar.

9.1 ARQUITECTURA DEL DISEÑO

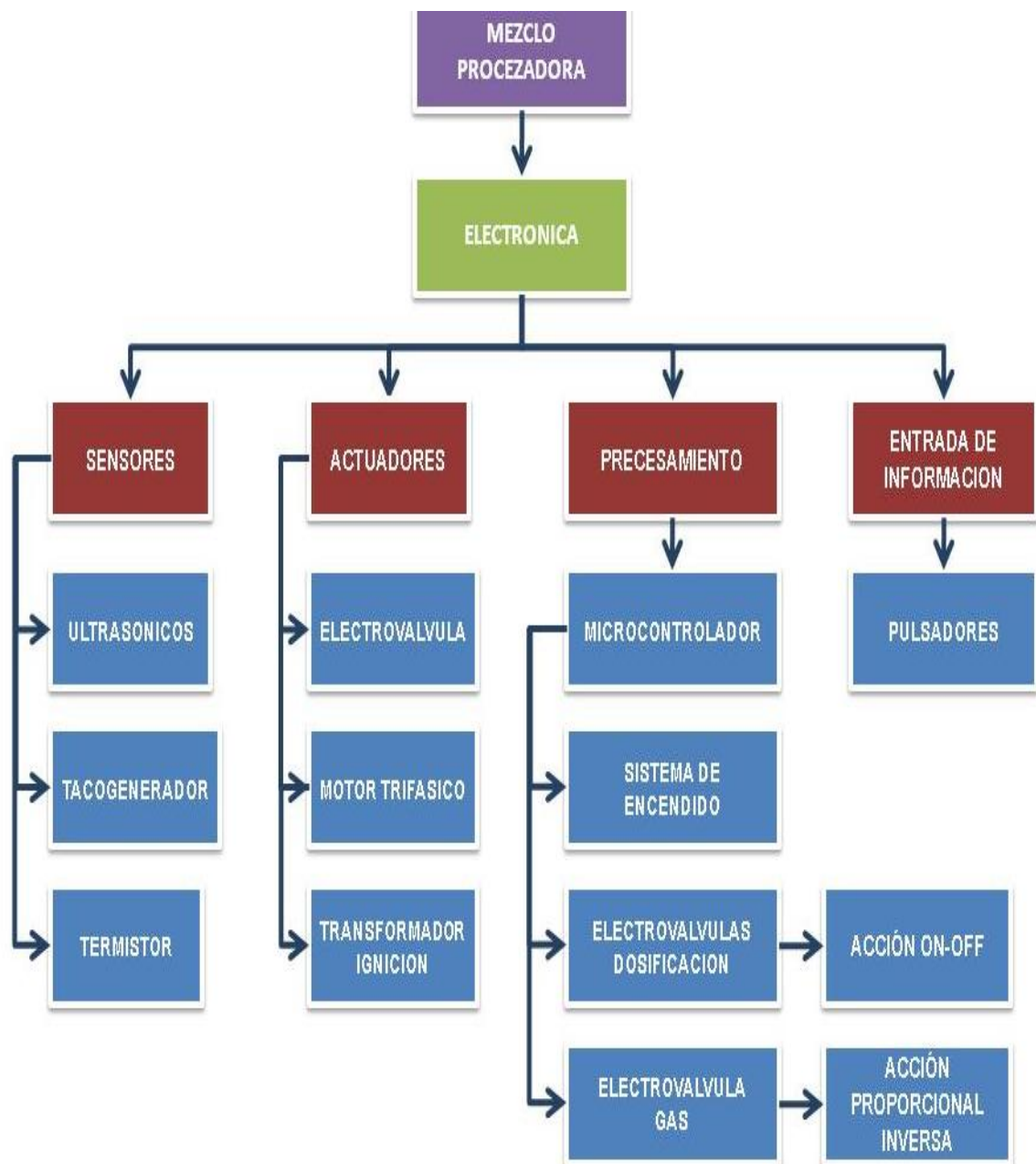
A continuación se presenta el arreglo de elementos funcionales en conjuntos físicos, que constituyen los elementos básicos del producto o de la familia de productos y representan el análisis de sus interacciones. Ver figuras 34 y 35.

Figura 34. Interacción entre elementos físicos y funcionales



La interacción entre elementos físicos y funcionales no muestra en su totalidad una arquitectura modular, sin embargo muestra relaciones entre algunos elementos que podrían agruparse para conformar un modulo. Además, se puede apreciar claramente como ciertos elementos se deben relacionar entre sí para cumplir una función como lo es el Microcontrolador y los sensores para poder ejercer el control.

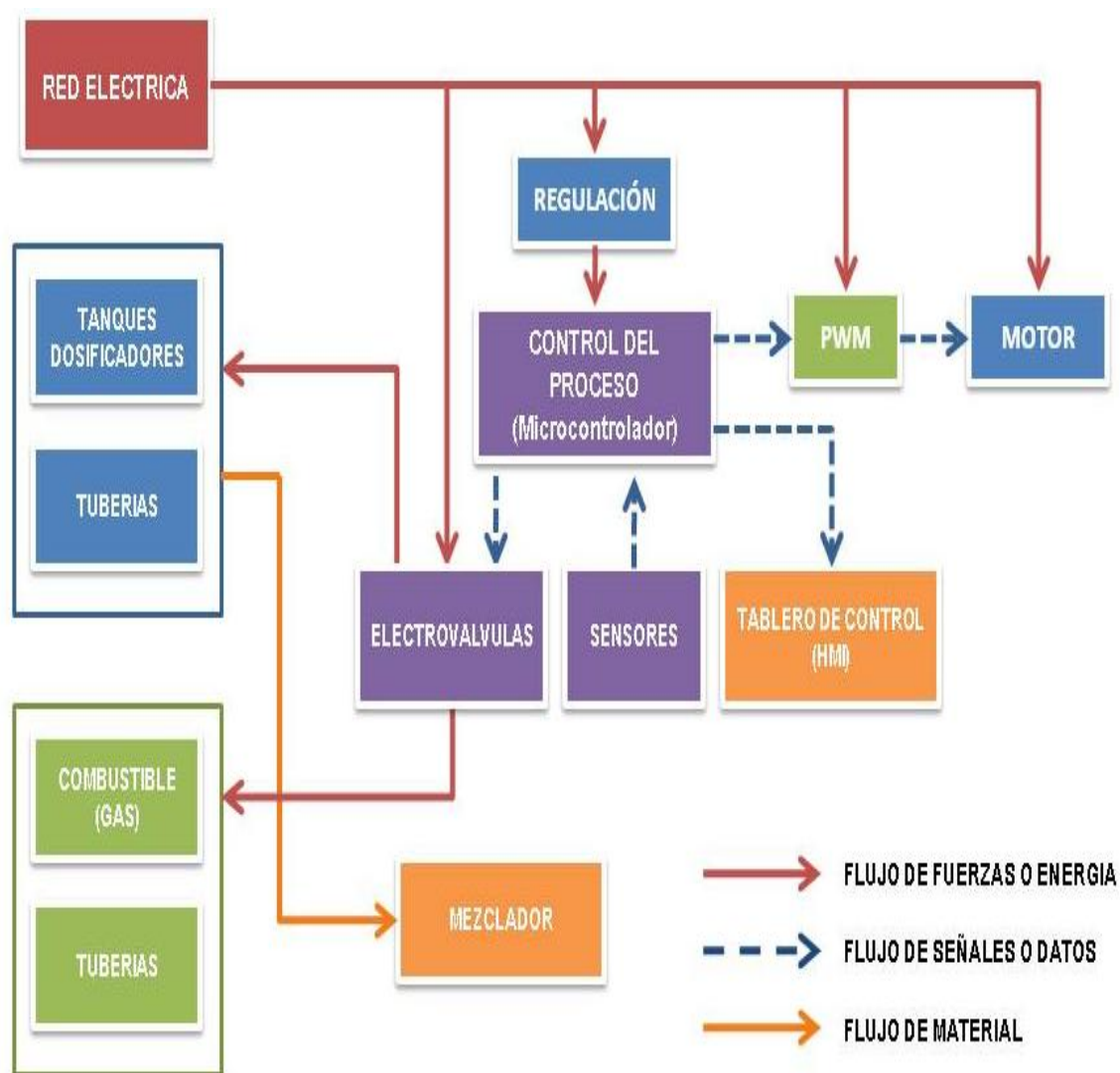
Figura 35. Arquitectura electrónica.



9.2 INTERACCIONES ENTRE MODULOS

En esta sección se presenta un esquema general del sistema donde se observan los diferentes módulos que lo componen a través de sus funciones.

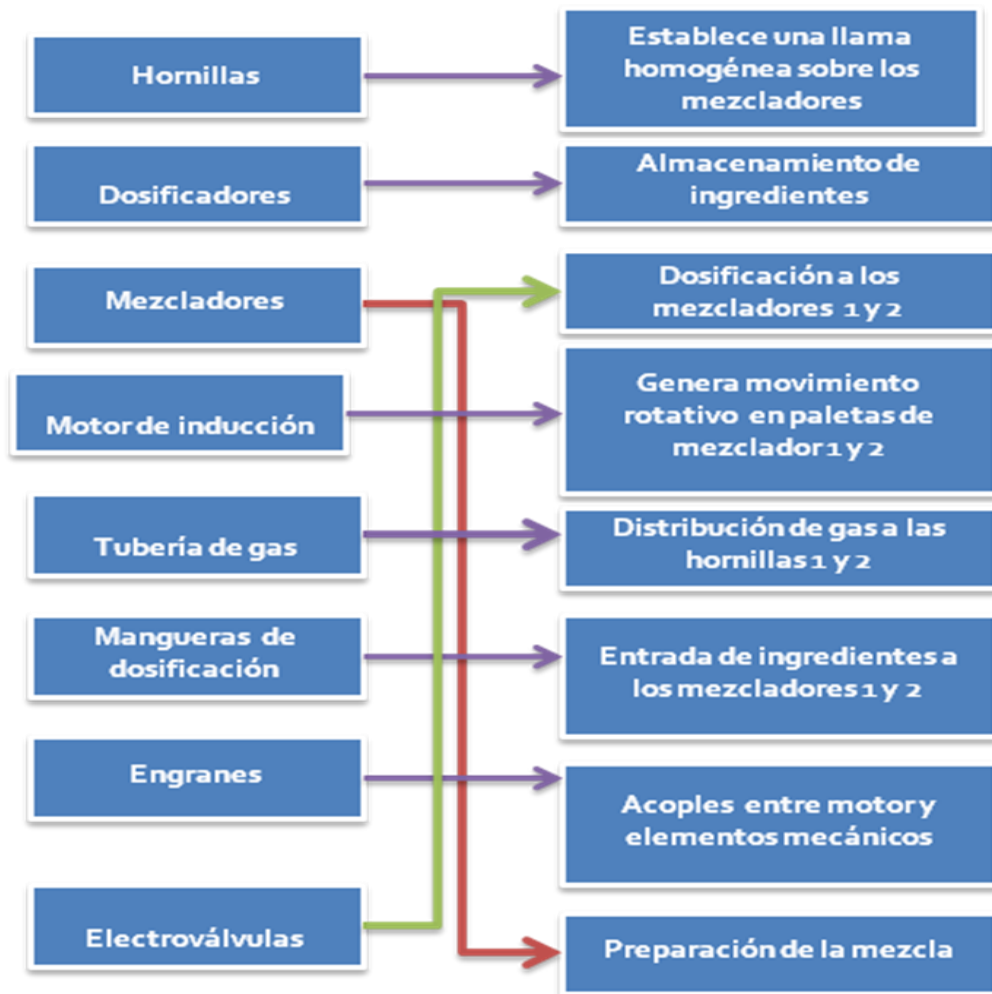
Figura 36. Esquema general del producto por bloques funcionales



9.3 ARQUITECTURA MECÁNICA

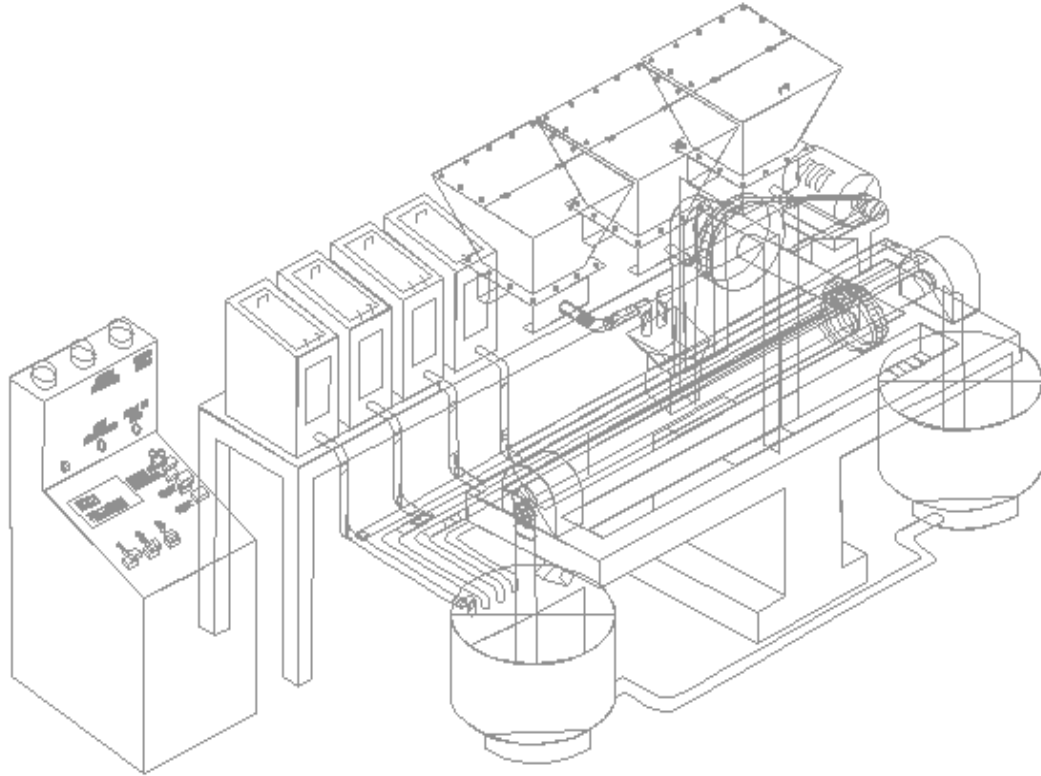
El análisis de la arquitectura mecánica, permite tener en cuenta factores de suma importancia en el rediseño. Tales como resistencia en materiales, capacidad de almacenamiento en los dosificadores, posiciones adecuadas las cuales permitan cumplir conceptos de ergonomía. En otras palabras se realiza un análisis que permita observar los principales factores que determina el funcionamiento correcto, integrando los medios físicos necesarios para cumplir la meta.

Figura 37 Arquitectura mecánica



9.4 DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA

Figura 38. Distribución Geométrica.



9.5 ARQUITECTURA A DIFERENTES NIVELES

La arquitectura a nivel del sistema es predominada modularmente, pero a nivel de subsistemas posee una arquitectura integral, ya que para lograr un buen funcionamiento y el cumplimiento de las especificaciones dadas del sistema se debió compactar en lo posible la mayor cantidad de elementos de cada subfunción.

9.6 ARQUITECTURA A NIVEL DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Para determinar el sistema electrónico se concibe la idea de desarrollar una consola de control completamente digital, fácil de manejar y que garantice el buen funcionamiento y operación de la máquina.

Teniendo en cuenta esta información, se optó por implementar una arquitectura integral optimizando el espacio y facilitando las distintas conexiones.

10. DISEÑO INDUSTRIAL

10.1 VALORACIÓN DEL DISEÑO INDUSTRIAL

Rediseñar algunas partes en la máquina, que permitan lograr un gran impacto visual y funcional, se realizó una valoración del diseño industrial para emplear algunos conceptos con el propósito de mejorar el producto y su funcionalidad, lo anterior pensado en conseguir satisfacer las necesidades planteadas por cliente.

En el diseño industrial se le da relevancia a las necesidades relacionadas con la ergonomía y la estética del producto, ya que al analizar solo estas necesidades se logran resaltar aspectos como la facilidad de uso, calidad de interfaz, apariencia física, seguridad, facilidad de mantenimiento, etc. que son fundamentales para el alcance de uno de los objetivos fundamentales de este proyecto.

10.1.1 Necesidades Ergonómicas y Estéticas. Poner en funcionamiento la máquina mezcladora procesadora no requiere de destreza ni experiencia, esta máquina es fácil de operar, ya que posee instrumentos de alta tecnología y precisión, los cuales garantizan un excelente rendimiento en sus respuestas y facilitan el uso de la misma.

El mantenimiento de la máquina mezcladora procesadora se basa principalmente en la lubricación de los rodamientos, engranajes y ejes del motor de la máquina, así como el aseo de las diferentes piezas de dosificación, mangueras y electroválvulas.

Figura 39. Necesidades Ergonómicas



Figura 40. Necesidades Estéticas

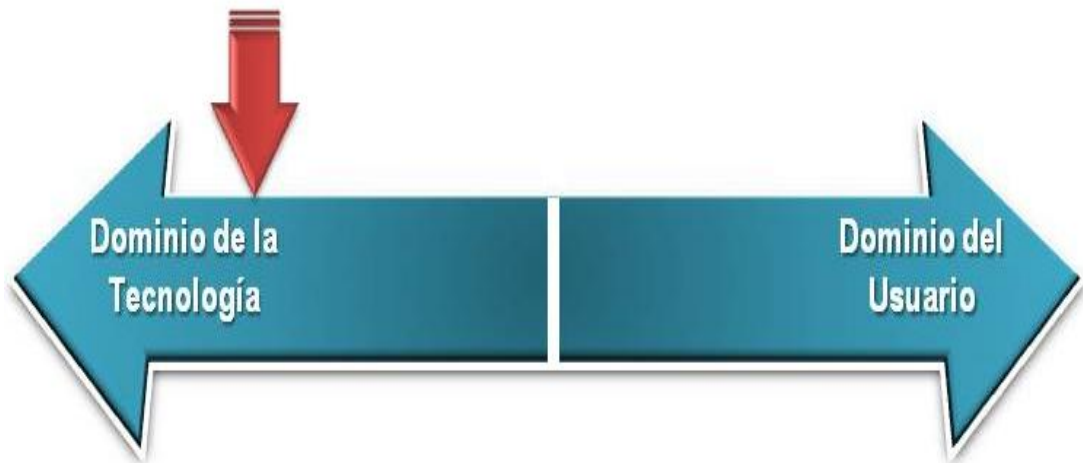


Todo esto lleva a definir qué tipo de producto se está desarrollando, si se encuentra dominado por la tecnología o por el usuario en términos de las interacciones con el usuario final. Por esto, aunque el producto está diseñado para uso y bien del hombre, es un sistema que tiene funcionalidad en ambientes especiales y para desarrollar una tarea específica, por lo tanto es un producto orientado a la tecnología.

10.2 PREDOMINIO TECNOLÓGICO

El predominio tecnológico comienza a partir de la visualización del producto, pues este se desarrolla bajo los parámetros de la ingeniería como una solución específica a las necesidades del cliente, a esto se le suma la inclinación del funcionamiento hacia la resolución de problemas haciendo uso de soluciones tecnológicas tales como funcionalidad, especialidad, ergonomía y seguridad del diseño.

Figura 41. Clasificación del producto



11. DISEÑO DETALLADO

En esta fase se definen los materiales, componentes y equipos a utilizar en el diseño. De igual forma se especifican los componentes de fabricación propia y de fabricación por terceros, según se dé el caso, y se determinan los costos involucrados. Se desarrolla el diseño electrónico del producto, es decir se realiza la distribución electrónica del producto por bloques, el diseño de planos esquemáticos y se plantean algoritmos para la estrategia de control. Posteriormente se desarrolla el diseño industrial determinando las necesidades estéticas

11.1 ENTRADAS DIGITALES Y ANÁLOGAS DEL SISTEMA

En los cuadros 15 y 16 se describe cada una de las entradas y salidas que integran el sistema. Es importante mencionar que las entradas en este proceso son de tipo digital y análoga, las salidas del sistema son digitales.

Cuadro 15. Entradas del Sistema

ENTRADAS	DESCRIPCION
IN	Inicio del sistema
S1	Sensor de temperatura (señal análoga)
S2	Sensor velocidad (señal análoga)
Sd1	Sensor dosificador 1 (señal análoga)
Sd2	Sensor dosificador 2 (señal análoga)
Sd3	Sensor dosificador 3(señal análoga)
Sd4	Sensor dosificador 4(señal análoga)
Sd5	Sensor dosificador 5(señal análoga)
Sd6	Sensor dosificador 6(señal análoga)
Sd7	Sensor dosificador 7(señal análoga)
St	Sensor de temperatura boquillas
P1	Pulsador 1 (producto /cantidad 25%)
P2	Pulsador 2 (producto /cantidad 50%)
P3	Pulsador 3 (producto /cantidad 100%)
Al1	Dosificador vacio producto 1
A2	Dosificador vacio producto 2
Al3	Dosificador vacio producto 3
Pr	Parar sistema
Sg	Sensor flujo de gas

Cuadro 15 (continuación)

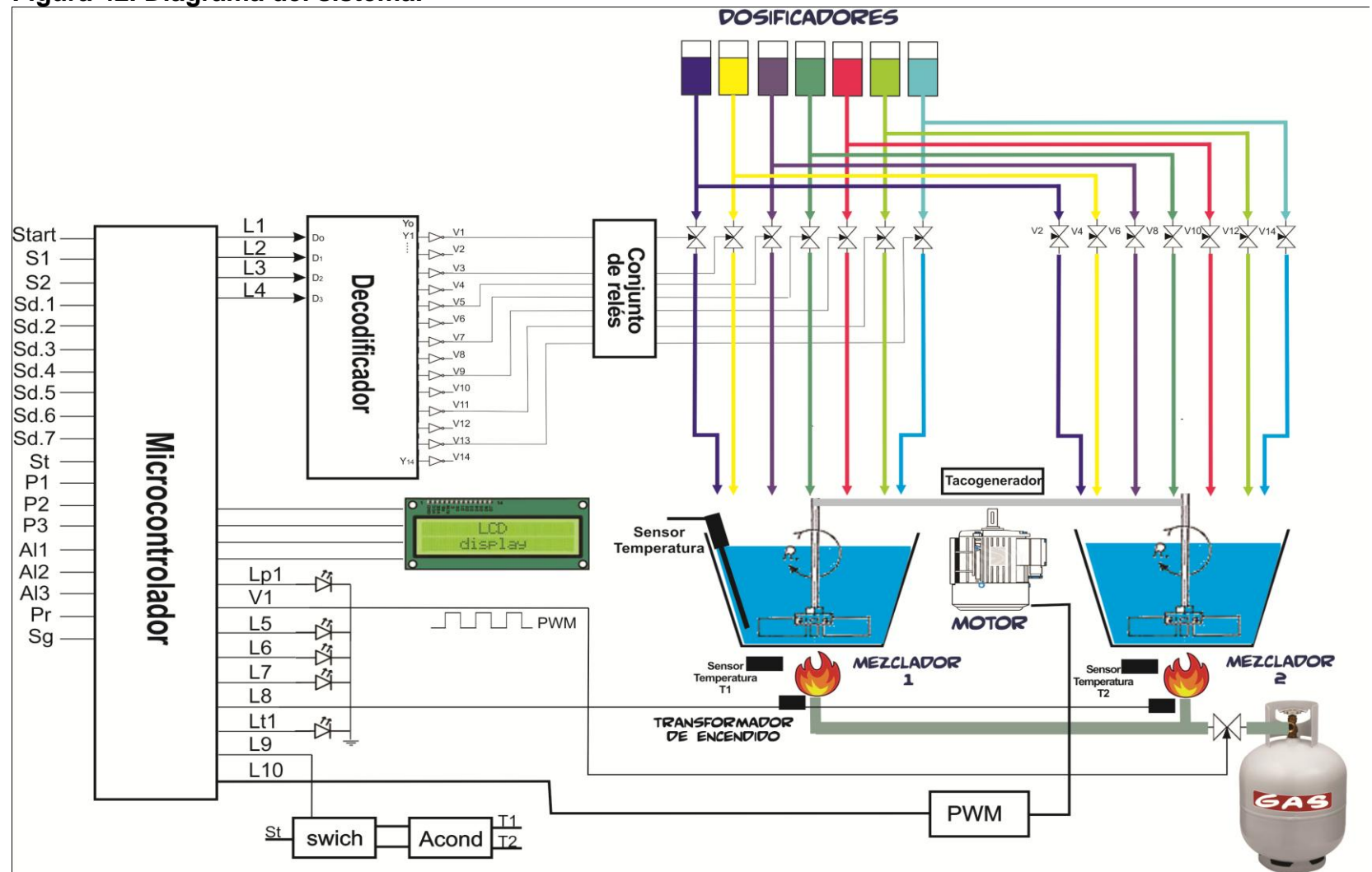
Sd8	Galga 1 (sistema de pesaje)
Sd9	Galga 2 (sistema de pesaje)
Fc1	Final carrera transportadora solido
Fc2	Final carrera transportadora solido
Fc3	Final carrera transportadora solido
Fc4	Final carrera transportadora solido

Cuadro 16. Salidas del sistema

SALIDAS	DESCRIPCIÓN
L1	Seleccionar electroválvula
L2	Seleccionar electroválvula
L3	Seleccionar electroválvula
L4	Seleccionar electroválvula
Lp1	Alarma producto seleccionado (algún dosificador vacío)
V1	Control apertura válvula
Lt1	Alarma temperatura
LCD	Control LCD 4 bits
L5	Indicador producto1 seleccionado
L6	Indicador producto2 seleccionado
L7	Indicador producto3 seleccionado
L8	Encendido de caldera
L9	Bit de control de swicht temp.
L10	Control PWM Motor
Mt1	Giro motor1 Izquierda (transportadora)
Mt2	Giro motor1 derecha (transportadora)
Mt3	Giro motor2 Izquierda (transportadora)
Mt4	Giro motor2 derecha (transportadora)

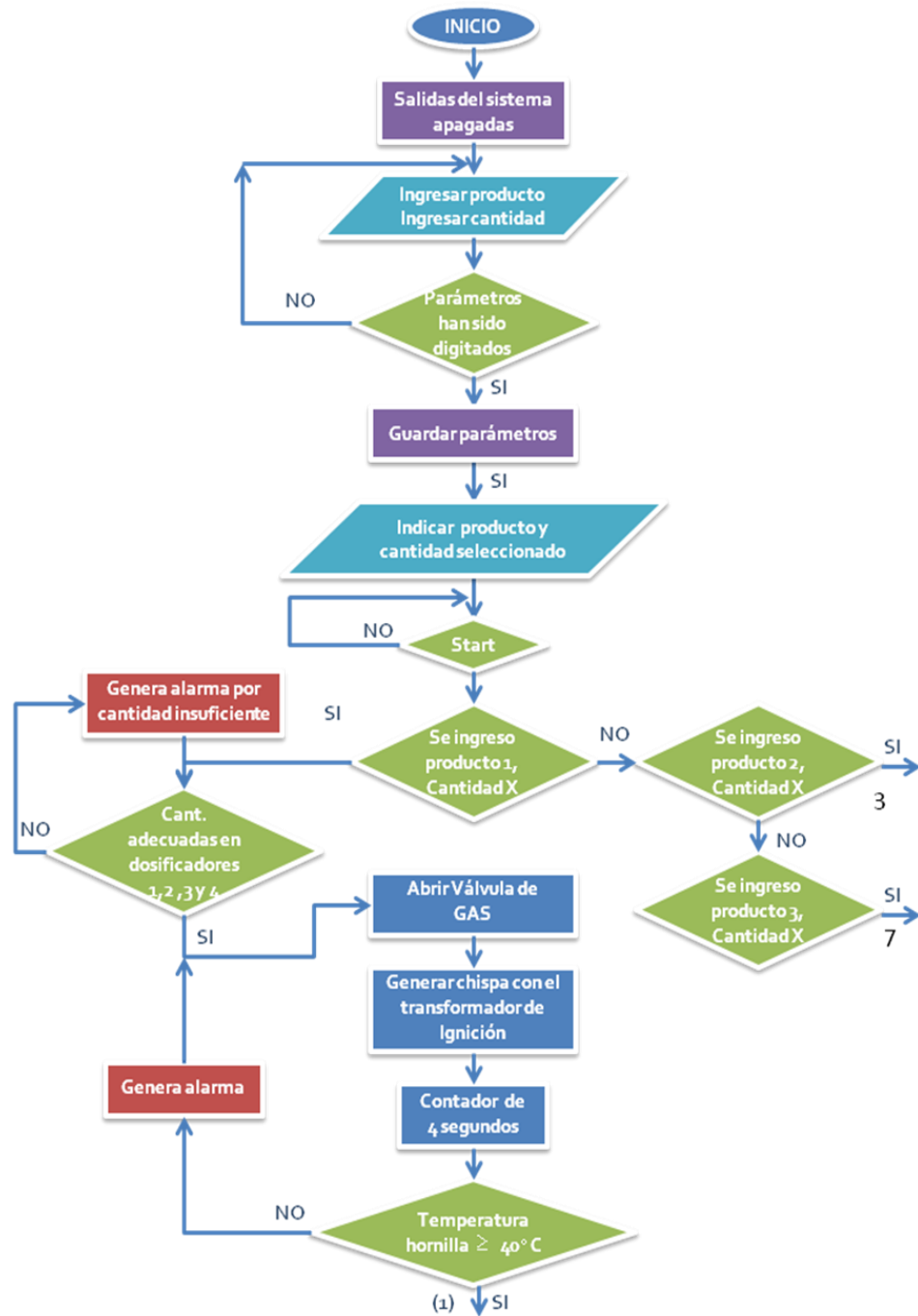
Finalmente se puede mostrar el diagrama del sistema en general. Ver figura 42.

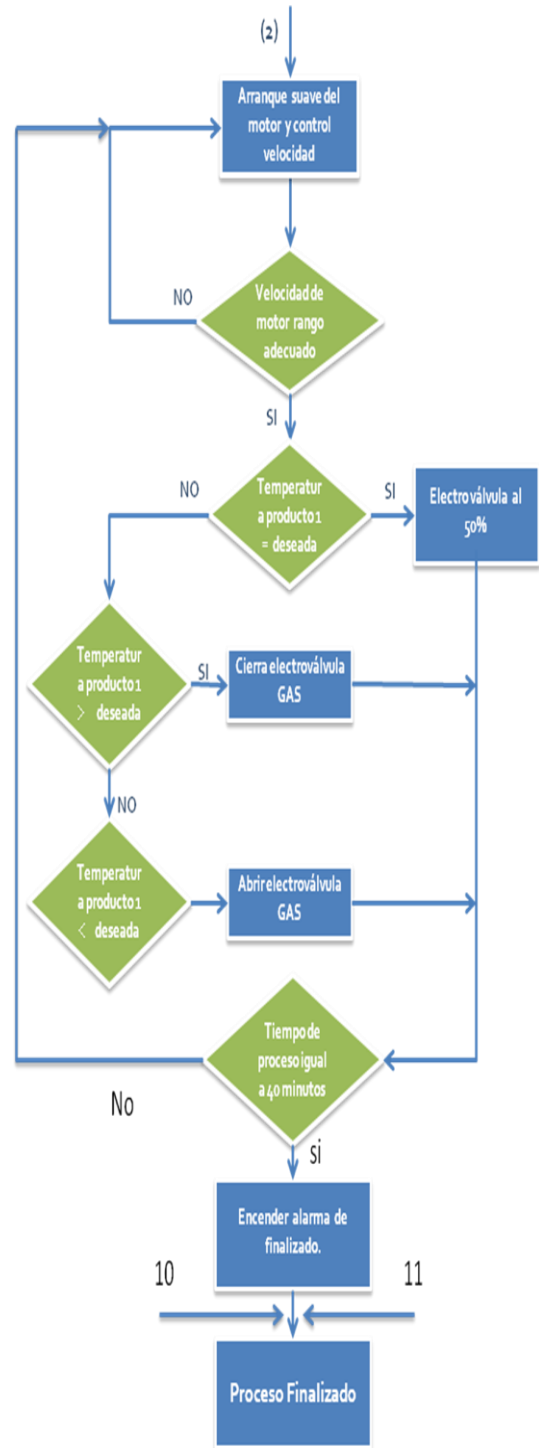
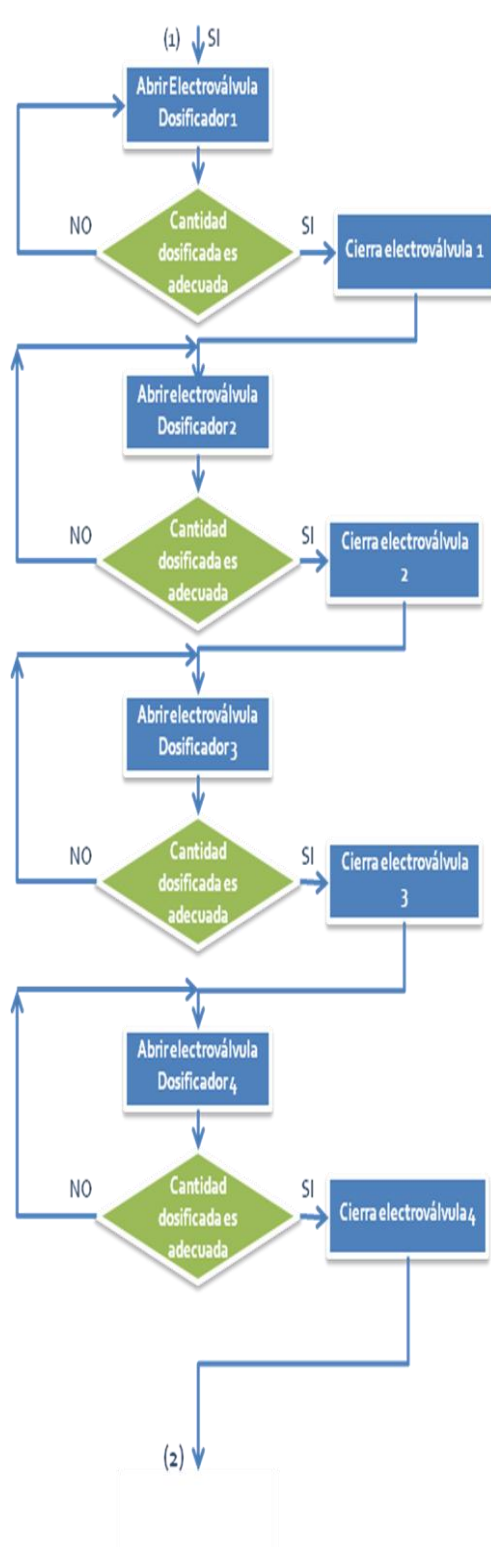
Figura 42. Diagrama del sistema.

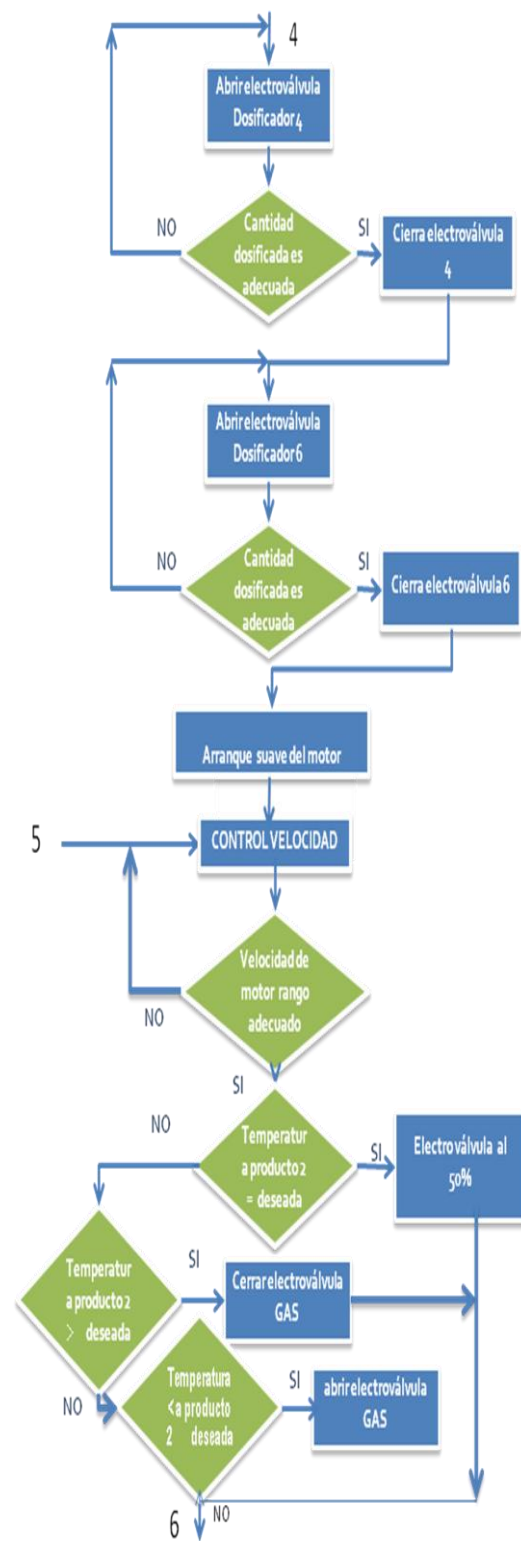
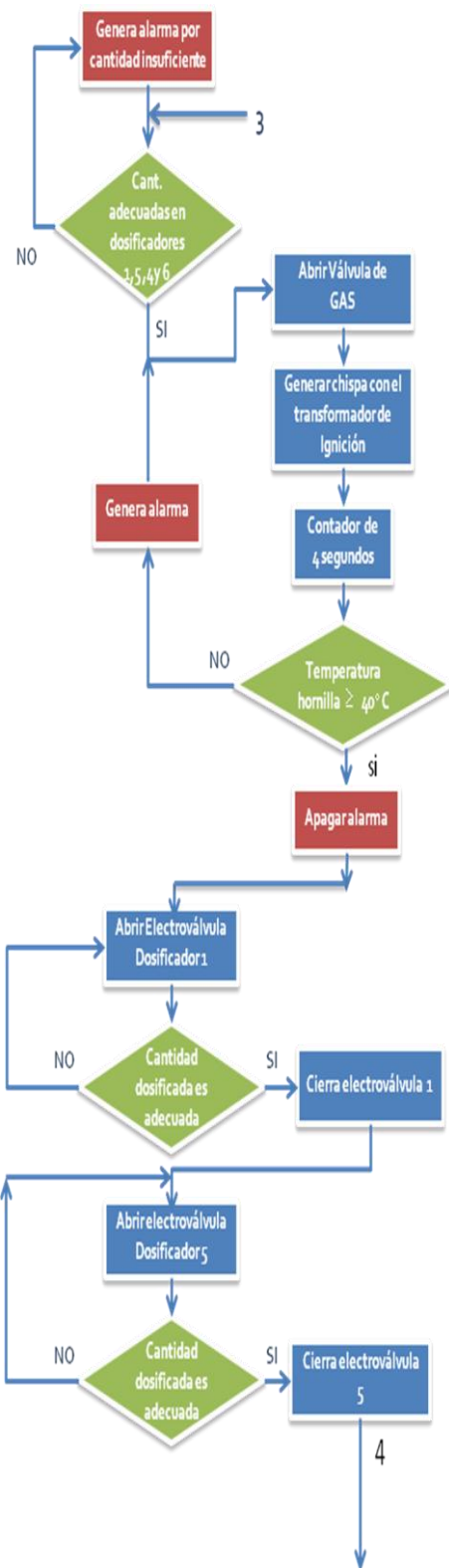


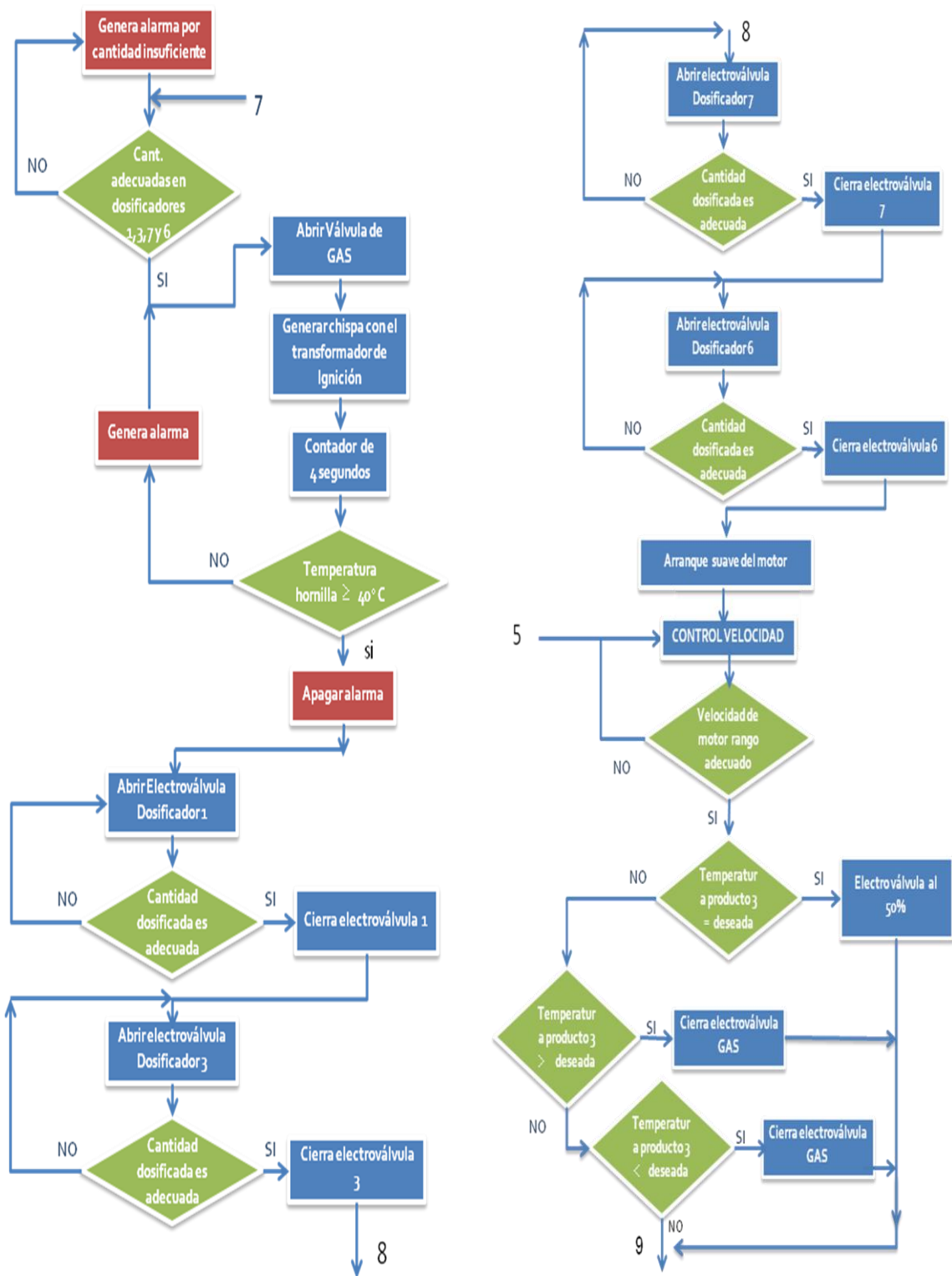
11.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL

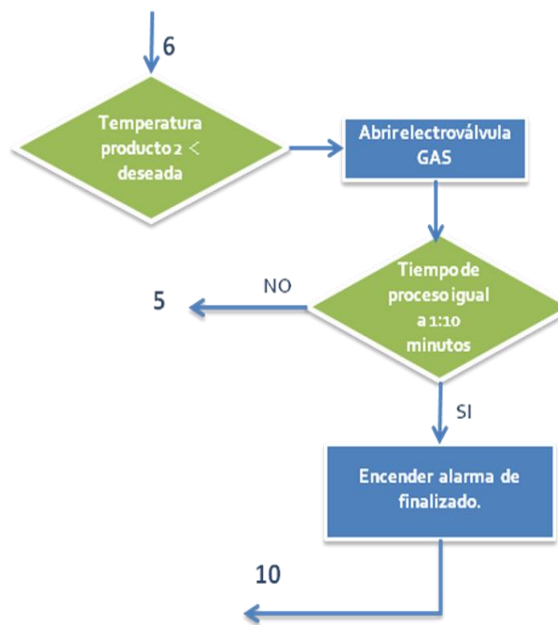
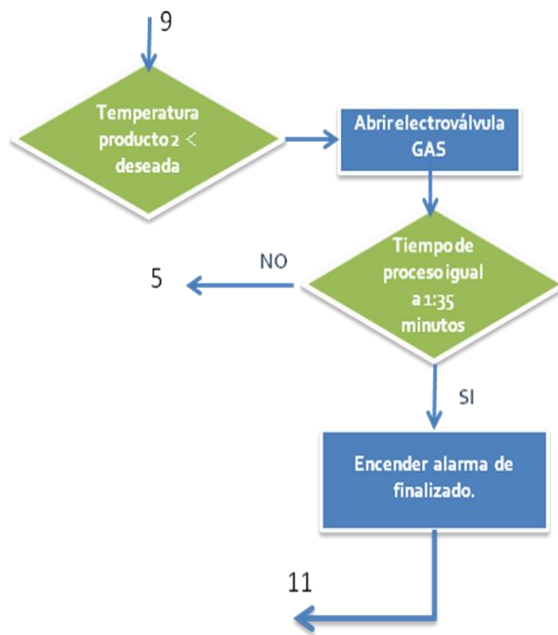
Figura 43. Diagrama de flujo del sistema de control





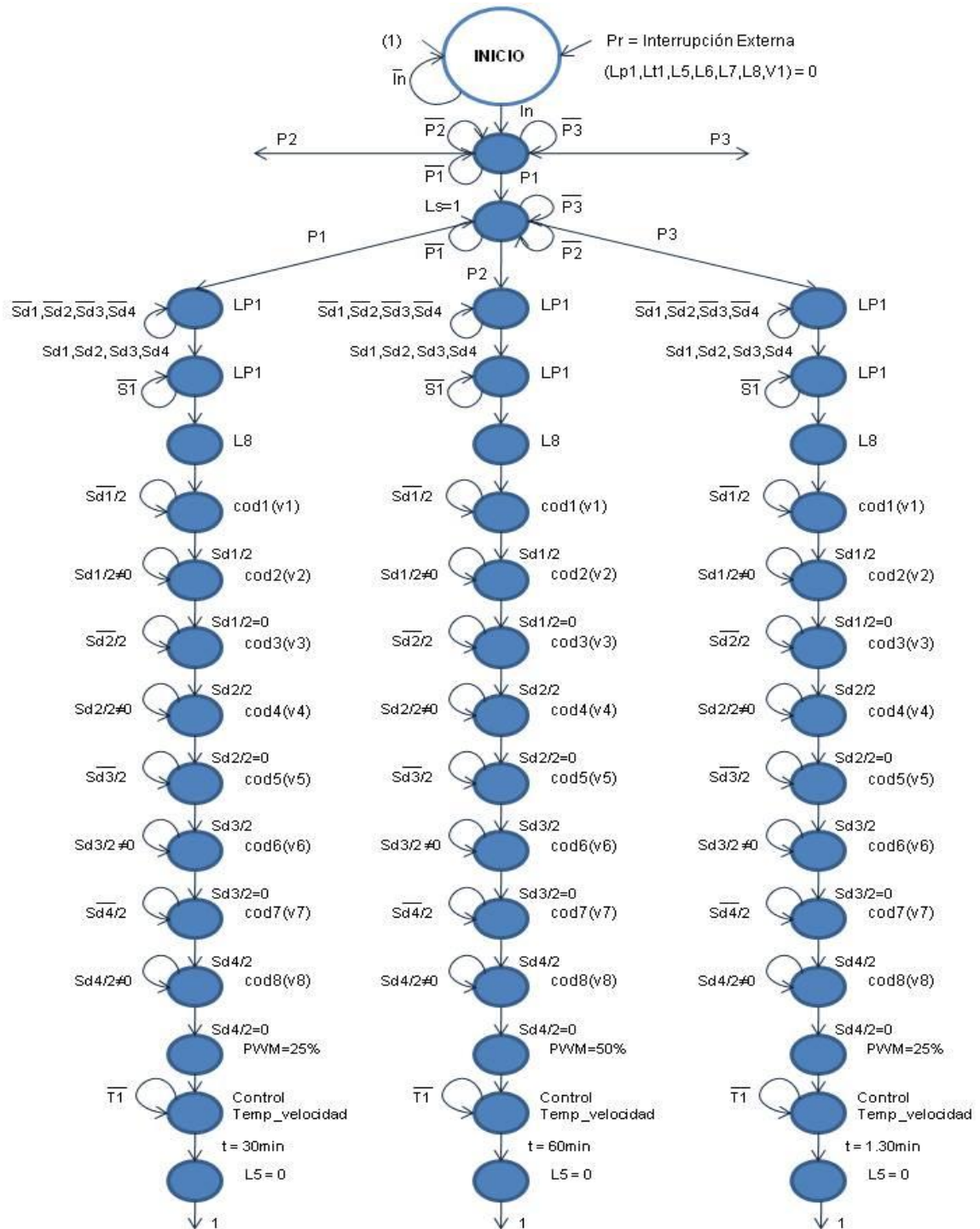






11.3 DIAGRAMA DE ESTADOS

Figura 44. Diagrama de estados del sistema de control, descripción para producto 1 (P_1)



11.4 DISPOSITIVOS SELECCIONADOS Y DISEÑADOS.

Esta etapa permite seleccionar los mejores dispositivos y recursos a partir de criterios y características técnicas que debe cumplir cada elemento que se integra al diseño. En la cuadro 14 se especifica que elementos del sistema se han seleccionado y cuales se diseñaron, siempre considerando la viabilidad desde el punto de vista económico y tecnológico para llegar a una implementación hacia el futuro.

Cuadro 17. Dispositivos seleccionados y módulos diseñados

DISPOSITIVOS Y MÓDULOS SELECCIONADOS	MÓDULOS DISEÑADOS
Microcontrolador	Control de velocidad (variador de velocidad)
Sensor termocupla	Acondicionar de señal termocupla
Electroválvulas	Acondicionamiento de celdas de carga
Relé	Tablero de mando
Tacogenerador	Sistema de dosificación
sistema de placas de impacto(medición peso en ingredientes)	Acondicionador de señal tacogenerador
Celdas de carga	Banda trasportadora de solidos
Dosificadores de solidos	Dosificadores de líquidos

11.5 PROGRAMACION DEL DIGRAMA DE FLUJO

La programación del diagrama de flujo descrito en la figura 44. El cual describe la secuencia que debe realizar el sistema de control para lograr automatizar la máquina, es conveniente implementarlo en lenguaje de bajo nivel o lenguaje ensamblador. Este tipo de lenguaje permite trabajar directamente con el procesador, permitiendo ser más cercano a la máquina de la computadora y procesa más rápido los programas. Un programa en lenguaje ensamblador no ocupa mucho espacio en memoria porque no tiene que cargar librerías como los lenguajes de alto nivel. Mejorando considerablemente la eficiencia en memoria. Para este proyecto es necesario trabajar constantemente con algunos recursos internos del procesador. El lenguaje ensamblador permite hacer tareas específicas, que seguramente en un lenguaje de alto nivel no se pueden llevar acabo porque tienen ciertas limitantes que lo hace muy complejo o no lo permite.

El compilador seleccionado para depurar posibles errores en la sintaxis del programa es el uVision-Keil este compilador proporciona un entorno de desarrollo con interfaz grafica (IDE) dedicado a la programación, simulación y emulación de microcontroladores compatibles con el 8051. Este IDE permite ejecutar los compiladores A51 para lenguaje ensamblador y C51 en el caso de utilizar lenguaje C.

11.6 ANÁLISIS EN LA SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO

Para la selección de los diferentes dispositivos electrónicos que hacen parte del diseño se tienen en cuenta los siguientes criterios.

Criterios para seleccionar la unidad de procesamiento

- Número de entradas y salidas
- Conversor análogo digital interno
- Modulación PWM
- Inmunidad al ruido electromagnético
- Consumo Energético
- Facilidad de comprarlo en el mercado

11.6.1 PIC12C508/509, PIC12F629/675. Estos microcontroladores son encapsulados reducidos de 8 pines, en su arquitectura viene integrado un oscilador interno que proporciona una reducción en recursos, permitiendo disminuir espacios en el montaje. El dispositivo es popular en pequeños diseños. No es una buena opción considerarlo como unidad de procesamiento en el sistema de control ya que es limitado en entradas y salidas digitales. Además no presenta módulos de conversión análogo a digital ni modulación PWM.

11.6.2 Microcontrolador PIC16F84. Considerado obsoleto, pero en algunas aplicaciones es imposible descartar cuando el número de entradas y salidas es reducido. Es un encapsulado de 8 pines, en su arquitectura interna no posee módulos que se necesitan en este diseño tales como PWM, conversor análogo digital.

11.6.3 Microcontrolador PIC16F88. Aunque es el sustituto del PIC16F84A con más memoria, oscilador interno, PWM, no es muy comercial en el mercado colombiano. Encapsulado de 20 pines los diseñadores no aumentaron el número de entradas y salidas lo cual sigue siendo un factor limitante para integrarlo como unidad de procesamiento. Además no posee módulo de conversión analógica digital lo cual es un recurso de suma importancia en este diseño.

11.6.4 Microcontrolador PIC16F87X y PIC16F87XA. Presenta modificaciones considerables respecto a los PIC16F84 y PIC16F84A. Estos son encapsulados de 40 pines con 33 líneas de entradas y salidas las cuales se configuran dependiendo las necesidades en la aplicación. Para el control en la mezcla procesadora se necesitan 19 entradas y 14 salidas descritas en la Cuadro 12 y 13 sumando 33 líneas. Además esta familia de microcontroladores tiene en su arquitectura interna módulo PWM con una resolución máxima de 10 bit. Integra convertidor A/D de 10 bits. Aunque esta familia soluciona el problema de la limitación en entradas y salidas, la conversión analógica digital y la generación de una señal PWM para el control de la electroválvula que permite el control del flujo de gas. Una desventaja que presenta estos dispositivos es la constante falla en procesamiento cuando están expuestos a ruido electromagnético. No es conveniente realizar aplicaciones a nivel industrial con esta familia de PIC.

11.6.5 Microcontrolador PIC18F2550. Aunque este dispositivo presenta gran variedad en la conectividad integrando 3 puertos serie: FS-USB, I² C y SPI. Estos parámetros no hacen parte de los criterios de diseños estipulados. Una desventaja considerable es la cantidad limitada de puertos. Es un encapsulado de 28 pines utilizado frecuentemente en aplicaciones de monitoreo que requieran una conexión periódica con un ordenador a través de USB para los datos de carga / descarga y / o actualizaciones de firmware.

11.6.6 Microcontrolador ATMEL T89C52. Es un dispositivo de cuatro puertos de 8 bits los cuales permiten tener 32 líneas de entrada y salida bidireccionales. No sería una buena opción tener en cuenta estos chips ya que no integra en su arquitectura módulos de conversión analógica digital y tampoco permite la modulación PWM. Aunque en muchas aplicaciones estos módulos se realizan externamente al dispositivo. Aumentaría el hardware considerablemente.

11.6.7 Microcontrolador DSPIC30F3011. Este dispositivo es ideal para control electrónico de motores eléctricos de inducción, en otras palabras es un dispositivo que tiene la capacidad para trabajar en ambientes industriales donde el ruido electromagnético es alto. En un encapsulado de 40 pines en el cual tiene los puertos necesarios para automatizar el proceso. Posee módulo de conversión

análogo digital e integra modulación PWM. Este dispositivo sería una buena opción para considerar en el diseño. Pero presenta constantemente problemas en el acople de impedancia una vez se integra con otros dispositivos. Problema que es solucionado con seguidores de voltaje o amplificadores con ganancia 1 pero aun así, presenta caídas de voltaje principalmente en la entrada del conversor análogo digital aproximadamente de 140mV, que para un ADC de 12 bits es un valor muy grande perdiéndose información importante en la medición de temperatura en la mezcla realizada por la máquina.¹³

11.6.8 Microcontrolador T89C51CC01. Es un encapsulado PLCC de 44 pines. El cual integra en su arquitectura módulos PWM con contador de 16 bits, convertidor AD de 10 bits con 8 entradas multiplexadas. Además tiene 34 líneas de entrada y salida. Es un Microcontrolador que presenta alta inmunidad al ruido electromagnético. Bajo consumo energético ya que puede activarse el perro guardián y llevarlo ha estado de reposo. Una ventaja comparada con los anteriores controladores es que este dispositivo tiene 14 fuentes de interrupción con 4 niveles de prioridad esto es muy importante ya que se puede dar un grado de importancia a las señales de alarma en el proceso. Es un integrado de fácil adquisición en el mercado a bajo costo y de alta fiabilidad.

11.7 DISEÑO DEL MÓDULO DE VARIACIÓN DE VELOCIDAD PARA EL MOTOR DE INDUCCIÓN EN LOS MEZCLADORES 1 Y 2.

Diseñar un módulo de variación de velocidad para el motor de inducción trifásico, el cual permita el control de la velocidad en los mezcladores de la máquina Puede ser un proceso “tedioso”. Implica sacar un modelo matemático que describa el sistema y a partir de allí diseñar un controlador que permita reducir el error a cero en estado estacionario. Otro tipo de soluciones van encaminadas a considerar a los variadores de velocidad como una alternativa. Integrándolos a este diseño y hacer un proyecto integrador en el cual solo se articulen elementos existentes. Lo anterior es una buena salida cuando se cuenta con un presupuesto considerable. Este no es el caso de la empresa COCODELICIA la cual tiene un presupuesto bajo para implementar este diseño lo que obliga a pensar en soluciones alternativas, funcionales y que vallas con la realidad del cliente. En la figura 45 se muestra el diseño que permite controlar la velocidad del motor de inducción en los mezcladores utilizando la técnica de modulación por vector espacial (SVM).

¹³ Mandado Pérez, Enrique (2007), Microcontroladores PIC, Sistema integrado para el Auto aprendizaje, Primera Edición, MARCOMBO Ediciones Técnicas, Barcelona (España).

Figura 45. Diagrama de bloques de etapas del sistema.

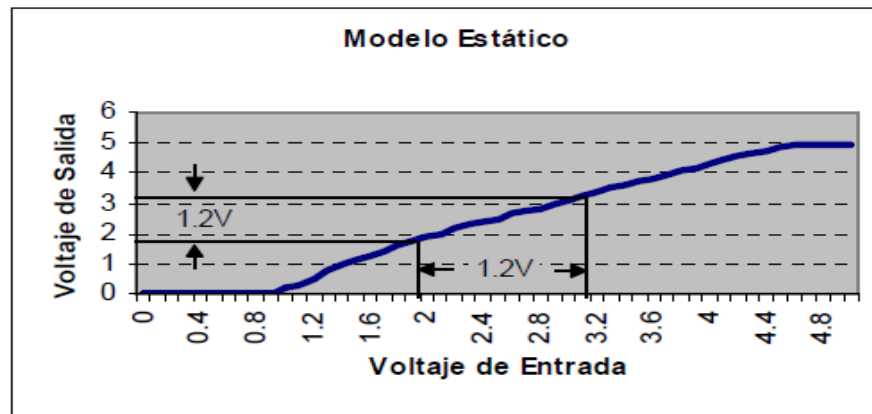


11.7.1 Diseño etapas del sistema. Se hace una descripción detallada de cada una de las etapas que conforman el sistema de control de velocidad, ilustradas en la figura 45.

11.7.2 Diseño del compensador. En esta etapa se realiza el lazo cerrado del sistema y se diseña el compensador para que siempre siga la referencia, independientemente de la variación de la carga en los mezcladores, producto del peso de los ingredientes para mezclar.

Antes de cerrar el lazo del sistema hay que obtener sus modelos estático y dinámico. El modelo estático es la caracterización del sensor utilizado para ver el comportamiento del sistema a partir de la respuesta a una entrada escalón, se realiza una gráfica del voltaje de entrada (voltaje de referencia que entra al ADC del circuito digital) y el voltaje de salida del convertidor frecuencia-voltaje. Para realizar esto se aumenta en intervalos de 0.1 V y se mide el voltaje de salida obteniendo la gráfica de la figura 46.

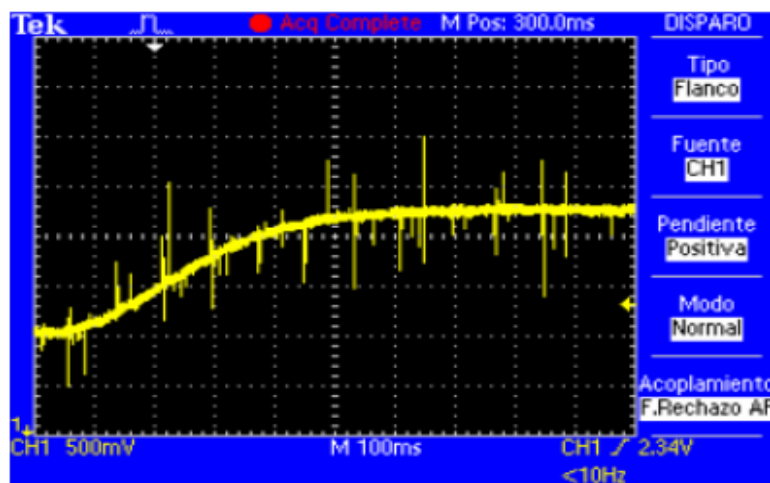
Figura 46. Gráfica del modelo estático señalando el valor de la entrada escalón y la salida de su respuesta.



Se observa que el sensor empieza a medir a partir de un voltaje de referencia de 1V, esto debido a que el motor no gira a frecuencias y voltajes de alimentación bajos.

Como se observa en la figura 46 se aplica un escalón con un valor de 1.2V a partir de 2 V a 3.2 V en el voltaje de entrada, siguiendo las líneas se observa a la salida un voltaje de 1.2 V. Mediante la entrada escalón se obtiene el modelo dinámico, el cual se observa en la figura 47 que es la gráfica de la obtención del modelo dinámico obtenido prácticamente medido en la salida del sistema. Se adquieren los datos de la gráfica del modelo dinámico a través del osciloscopio digital y se grafican en Matlab. La gráfica adquirida sirve como referencia para obtener la función de transferencia del sistema mediante simulación. Se realiza el acondicionamiento de la función de transferencia variando los polos y se obtiene la función de transferencia del sistema que en este caso es de segundo orden.

Figura 47. Modelo dinámico del sistema al aplicarle una entrada escalón



Se obtiene la función de transferencia del sistema que en este caso es de segundo orden.

Donde k es la ganancia del sistema y se obtiene dividiendo el voltaje de salida V_{sal} entre el voltaje de entrada V_{ent} en algún punto propuesto de operación de la entrada escalón.

$$g = \frac{k}{(as + 1)(bs + 1)} \quad (1)$$

Donde k es la ganancia del sistema y se obtiene dividiendo el voltaje de salida V_{sal} entre el voltaje de entrada V_{ent} en algún punto propuesto de operación de la entrada escalón.

$$k = \frac{V_{sal}}{V_{ent}} = \frac{2}{2} = 1$$

Los valores de a y b de (1), se varían hasta obtener una semejanza entre ambas gráficas, los valores obtenidos son: $a = 0.14$ y $b = 0.08$, de esta manera se obtiene la función de transferencia de segundo orden de la siguiente manera:

Función de transferencia del motor

$$g = \frac{1}{(0.14s + 1)(0.08s + 1)} \quad (2)$$

A partir de aquí se procede a diseñar el compensador el cual se utiliza una metodología realizada por medio de cálculos matemáticos y utilizando la herramienta Sisotool de Matlab.

Criterios de para el diseño

Se propone para el diseño un error en estado estacionario $ess = 0.2$, un tiempo pico $T_p = 0.26$ seg y un 10% de sobre impulsó (M_p). A partir de la función de transferencia del sistema (2), se calcula la ganancia k_p para asegurar el error en estado estacionario.

$$g = \frac{1}{ess} - 1 = 4 \quad (3)$$

La ganancia que multiplica a la función de transferencia inicial, k se calcula a partir de:

$$kp = \lim_{s \rightarrow 0} kg(s) \quad (4)$$

$$k = \frac{kp(1.18)}{1.18} = 4 \quad (5)$$

Este valor se introduce en Matlab para obtener los diagramas de bode. Para obtener las condiciones deseadas, es necesario aproximar el sistema obtenido a un sistema de segundo orden partiendo de la ecuación (6).

$$G = \frac{Wn^2}{s^2 + 2\gamma Wn + W^2} \quad (6)$$

Donde:

$$\xi = \frac{-Ln(Mp)}{\sqrt{\pi + Ln^2(Mp)}} = \frac{-Ln(10)}{\sqrt{\pi + Ln^2(10)}} = 0.591$$

$$w_n = \frac{\pi}{Tp\sqrt{1-\xi^2}} = \frac{\pi}{0.26\sqrt{1-(.591)^2}} = 14.978$$

A partir de los valores de ξ y de Wn se calcula el margen de fase, ϕ_M , deseado para el sistema.

$$\phi_M = \tan^{-1} \frac{2\xi}{\sqrt{-2\xi^2} + \sqrt{1+4\xi^4}} = \tan^{-1} \frac{2(.591)}{\sqrt{-(.591)^2} + \sqrt{1+4(.591)^4}} = 58.58^\circ$$

De esta manera se diseña un compensador PI a partir del margen deseado y de las condiciones iniciales del sistema.

$$PI = Ki \left(\frac{1 + \frac{Kp}{Ki} s}{s} \right)$$

Al graficar con la herramienta *sisotool* de *Matlab* la función de transferencia inicial, se busca en la gráfica de fase el margen deseado con el punto calculado de la siguiente manera:

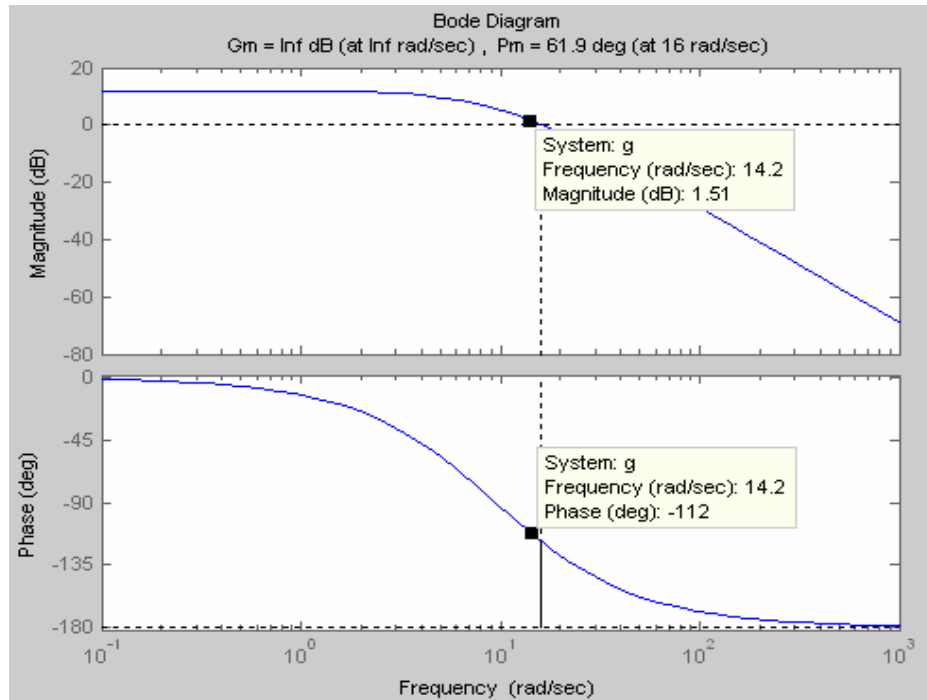
$$-180 + 58.58 + 10 = -112^\circ$$

Al encontrar este punto, se muestra también la frecuencia a la que se encuentra, el punto que sigue es buscar en la gráfica de la ganancia la misma frecuencia y ver el valor de la ganancia en decibeles. Como se muestra en la figura 48, la frecuencia tiene un valor de 14.2 rad/seg. Al obtener la ganancia de 1.51 dB se realiza la conversión.

$$20\log(kp) = -1.51dB$$

$$kp = 10^{-0.075} = 0.841$$

Figura 48. Diagramas de bode de la función de transferencia en lazo abierto.

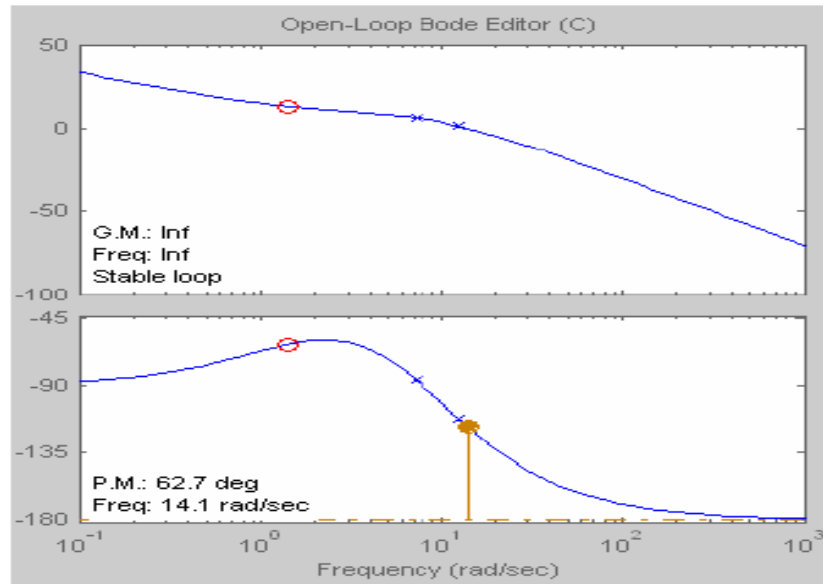


De esta manera se obtiene la función de transferencia del compensador con una ganancia de 1.1768 y el cero en 0.709s adicionado con un polo en el origen.

$$PI = 1.1768 \left(\frac{1 + 0.709s}{s} \right)$$

Se agrega entonces el compensador al sistema por medio de la herramienta *sisotool* y se obtienen las gráficas de bode de la figura 49. Se puede observar que el margen de fase cambia con respecto al calculado, esto se debe a la aproximación de la función de transferencia de segundo orden. Solamente queda ajustarla para obtener el margen de fase además de las condiciones iniciales que se desean.

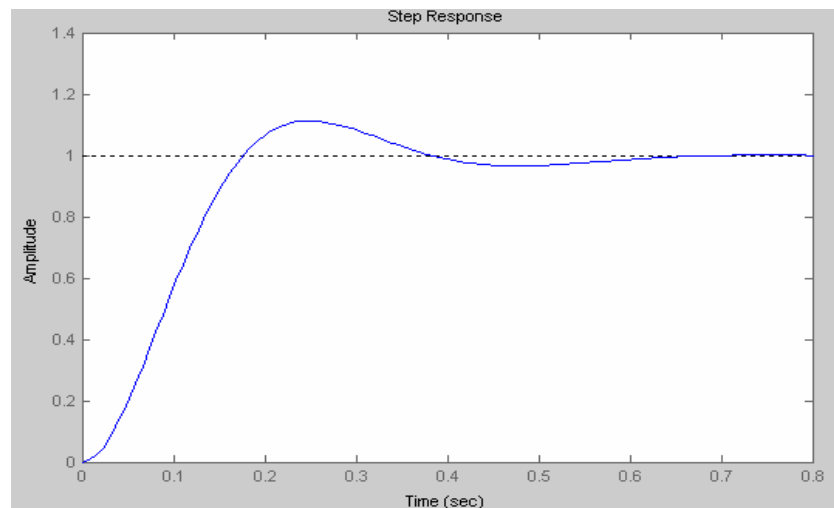
Figura 49. Diagramas de bode del sistema con el compensador en lazo cerrado.



Finalmente la ecuación del compensador queda como se muestra en (9). La respuesta al escalón unitario se muestra en la figura 50.

$$PI = 2.95 \left(\frac{1 + 0.19s}{s} \right)$$

Figura 50. Respuesta del compensador a un escalón unitario.



Se puede observar que en el sistema el error en estado estacionario tiende a cero, además que el tiempo pico es cercano a 0.26 Seg y que tiene un 10 % de sobreimpulso. Además el margen de fase final quedó en 62.7° cercano al calculado. Todo esto con los ajustes necesarios.

De esta manera se procede a implementar el compensador a partir de la función final del compensador *PI*.

$$PI = 2.95 \left(\frac{1 + 0.19s}{s} \right) = \frac{2.59}{s} + 0.56$$

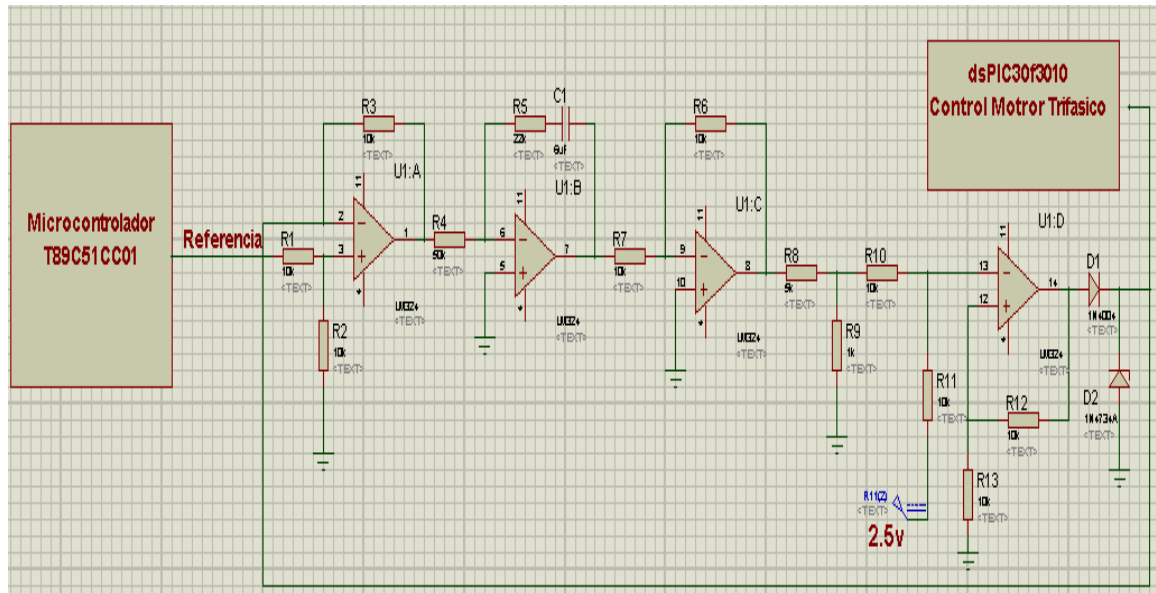
$$-\frac{R_2}{R_1} = 0.56$$

$$R_2 C = 0.189$$

Se propone un capacitor de 6 μ F y se sustituye en (12) para obtener el valor de la resistencia $R1=56$ k Ω y utilizando (11) se obtiene el valor de la resistencia $R2=31.6$ k Ω . De esta manera se implementa el compensador como se muestra en la figura 51. Al implementar este circuito se asegura que el control se realiza correctamente, sólo que se debe ajustar la señal para poder utilizarla como voltaje de entrada del ADC del microcontrolador digital. En la figura 51 se observa el procedimiento de la señal para su acondicionamiento. El primer operacional es el punto de suma del sistema, el cual tiene una configuración diferencial que resta la señal de referencia menos la señal obtenida del sensor, el resultado de la resta se aplica al operacional que contiene al compensador. La señal de salida del compensador se encuentra con el signo invertido, por ello que se utiliza un inversor. Cuando sale la señal invertida, llega a un divisor de voltaje con una ganancia de 0.16, con esto se asegura un voltaje de -2.5 V a 2.5 V, lo que sigue entonces es elevar el offset 2.5 V utilizando un operacional con la configuración sumador con un voltaje de referencia de 2.5 V, de esta manera la señal de salida tiene un rango de 0 V a 5 V. Para protección se utiliza un diodo de corrida rápida 1N4148 en serie con un diodo Zener de 4.7 V en polarización inversa para que no sobrepase este valor.

Finalmente esta salida se conecta al ADC del microcontrolador y de esta manera se realiza el control del sistema.

Figura 51. Esquemático del compensador PI.



11.7.3 Diseño etapa Digital. La circuitería digital consiste en un controlador digital de señales dsPIC30F3010 en el cual se implementa la técnica de modulación de vectores espaciales SVM.

Con el desarrollo de nuevos dispositivos digitales como son el Microcontrolador (MCU), el Controlador Digital de Señal (DSC), el Procesador Digital de Señal (DSP), etc. Es posible implementar dichas técnicas de forma sencilla, ya que cuentan con una gran capacidad de procesamiento que permiten realizar operaciones complejas en tiempos sumamente reducidos, todo esto con un simple circuito o módulo de desarrollo, ahorrándose así tiempo, costo y circuitería.

El puerto de salida del DSC modelo dsPIC30F3010 entrega 3 señales moduladas, desfasadas 120° y sus pares complementados. Este dispositivo también realiza una conversión analógica-digital, para que con el valor digitalizado se modifique la frecuencia y el índice de modulación por medio de una cuadro dentro del dspic. En motores de inducción es muy importante mantener el par constante para que éste trabaje de manera óptima, esto se puede lograr forzando a que el voltaje y la frecuencia varíen de manera lineal. El objetivo es evitar corrientes de saturación en los devanados del motor y que no exista sobre calentamiento del mismo. En la figura x se muestra el diagrama de flujo que debe implementar el dsPIC30F3010 para realizar esta técnica. El algoritmo en lenguaje C puede verse en anexo A y el hardware puede apreciarse en la figura 53.

Figura 52. Diagrama de flujo del programa de implementación de la técnica SVM.

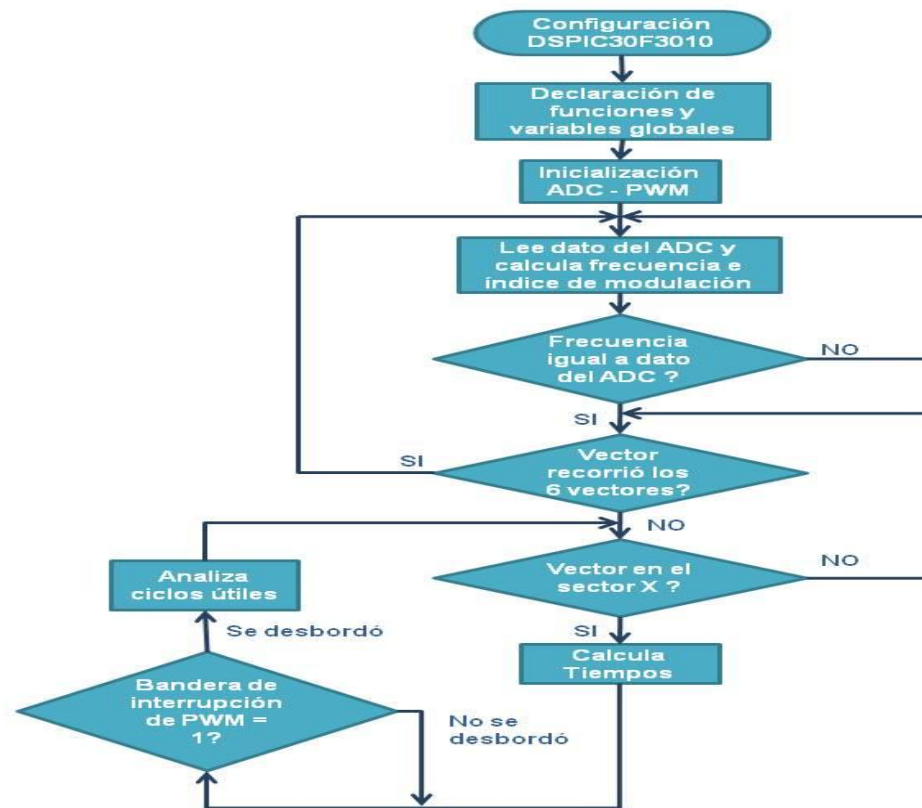
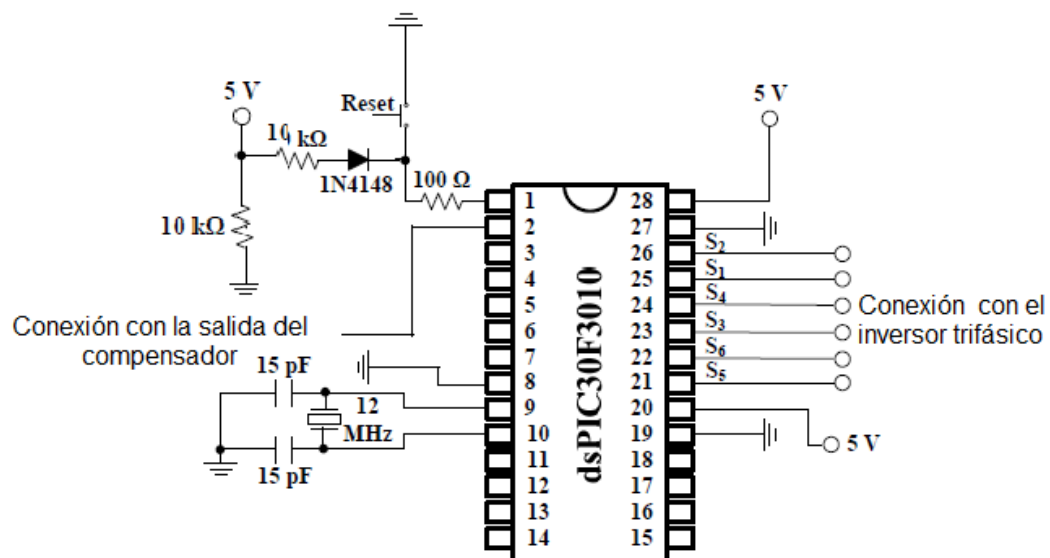


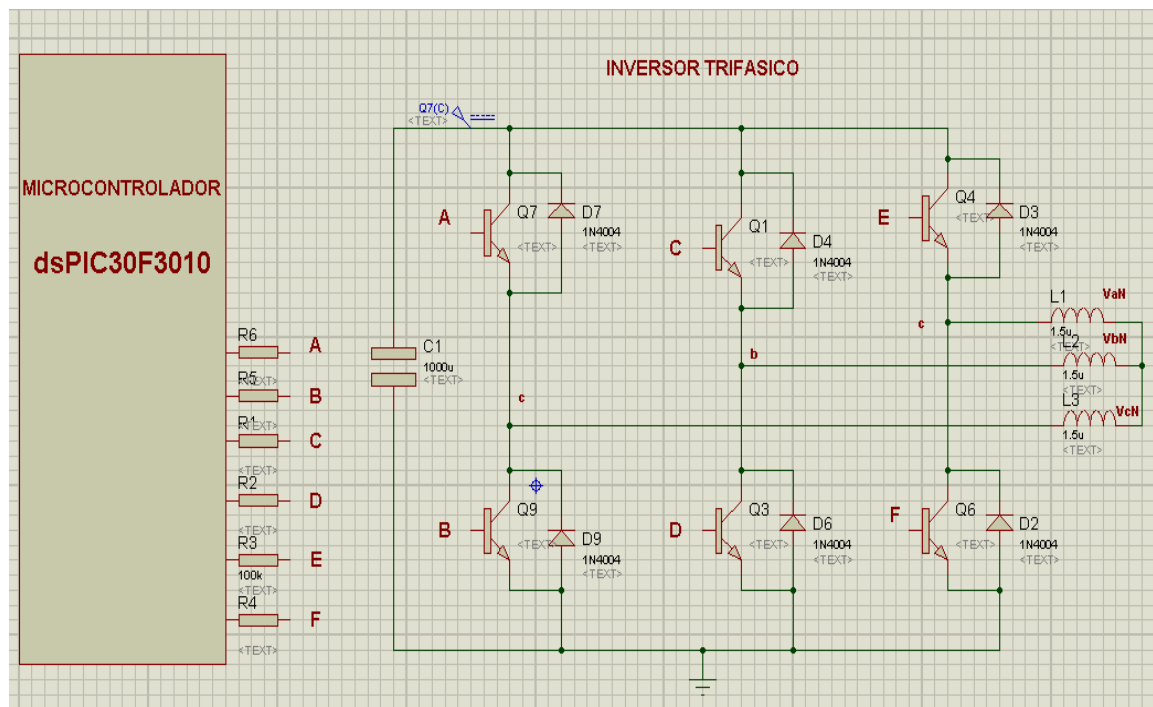
Figura 53. Hardware necesario para implementar la técnica SVM.



11.7.4 Diseño etapa de Potencia. Esta etapa es la más importante, se utiliza un inversor trifásico alimentado en tensión cuya función es convertir un voltaje de corriente directa a un voltaje de corriente alterna. En la figura 54 se observa el diagrama esquemático del inversor trifásico de dos niveles, el cual está compuesto por transistores, S1-S6, IGBT's (transistor bipolar de compuerta aislada) que funcionan como interruptores y que conmutan. Para formar una señal de voltaje trifásica, a partir de un bus de voltaje de corriente directa V_{bus} .

El inversor se divide en tres ramas con dos transistores en cada una, los puntos a, b y c son las salidas de cada una de las ramas, las cuales forman los voltajes de línea (V_{ab} , V_{bc} , y V_{ca}). Entre los voltajes de cada rama existe un desfaseamiento de 120° que al conectar una carga en estrella se obtienen voltajes de fase a neutro (V_{aN} , V_{bN} y V_{cN}) desfasados 120° .

Figura 54. Inversor trifásico de 2 niveles.

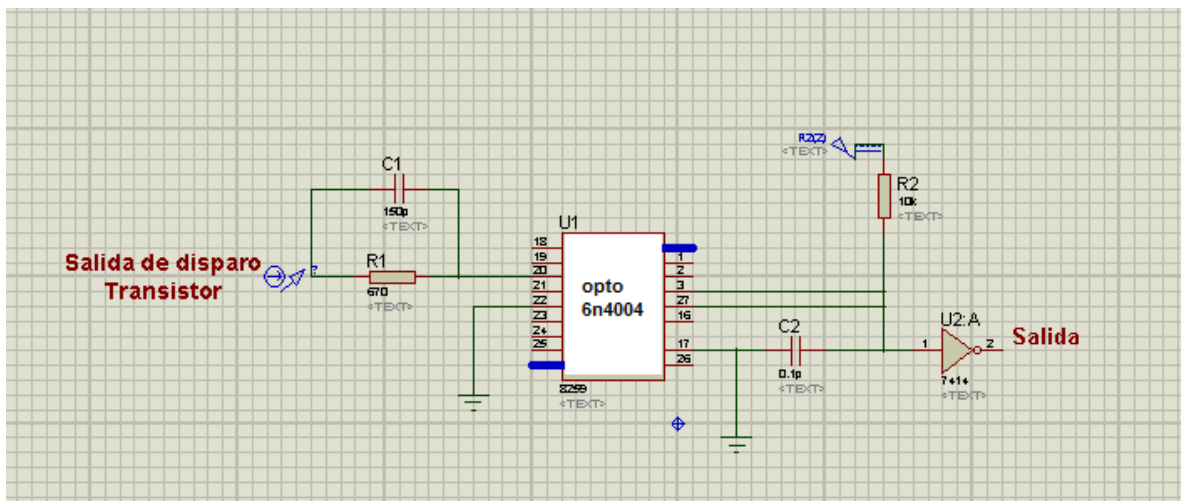


Los transistores que se utilizan como elementos de conmutación para conformar el inversor son los IGBT's HGTC30N60A4D, los cuales soportan un voltaje de bloqueo directo de 600 V y una frecuencia de conmutación de 100 kHz. Estos IGBT's contiene un diodo de marcha libre en antiparalelo para establecer un camino de retorno para las corrientes inductivas provenientes de los devanados del motor.

El condensador C de la figura 54. Es necesario ya que filtra la potencia reactiva del motor. Este valor depende del voltaje y la corriente máxima de trabajo del motor un valor de $C = 12.000\mu F$ es ideal para filtrar dicha potencia.

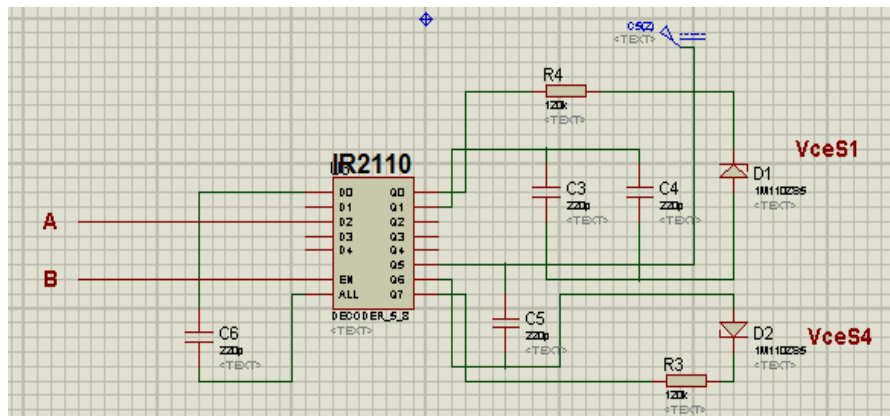
11.7.5 Diseño etapa de aislamiento. Aislar mediante opto acopladores la circuitería digital de la etapa de potencia permite tener inmunidad al ruido generado por los transistores en la conmutación y el movimiento del motor. Esto se logra debido a que se ponen diferentes puntos de referencia la tierra del microcontrolador y la referencia del inversor. El diagrama de conexión se encuentra en la figura 55. Debido a que este dispositivo invierte las señales de entrada, es necesario colocar una compuerta lógica inversora 7414 para obtener la señal original. Debido a que las salidas de estos dispositivos tienen características TTL es necesario conectarlos al puente inversor por medio de “drivers”, mediante el CI IR2110, el cual adecua una señal de 5V modulada, a una señal de 15V para accionar la compuerta de los transistores del puente. La función principal del driver es generar un punto de referencia “flotado” diferente a tierra, con esto se genera una fuente de voltaje para disparar el transistor superior del puente inversor.

Figura 55. Diagrama de conexión del opto-acoplador 6N137.



En la figura 56 se muestran las conexiones del driver IR2110 hacia una rama del puente inversor trifásico. En la cual A y B son las señales de control digitales y los voltajes VCES1 y VCES4 son los disparos de los transistores superior e inferior de una misma rama respectivamente.

Figura 56. Diagrama de conexión del driver IR2110 para una rama del inversor trifásico.

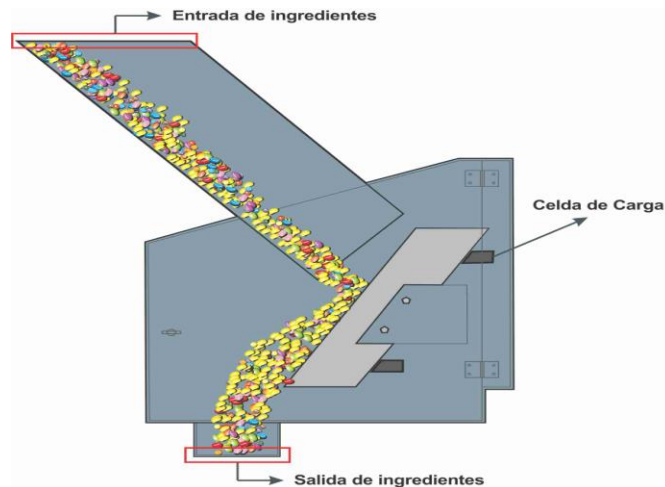


11.8 ANÁLISIS DE LA SELECCIÓN DE SENSORES Y DISEÑO DE ACONDICIONADORES DE SEÑAL.

En el mercado existen módulos para el acondicionamiento de señales análogas los cuales se pueden adquirir fácilmente. Sin embargo, los precios suelen ser elevados comparados con módulos que pueden ser diseñados específicamente para una aplicación en particular. Es importante tener claro las características del proceso que se desea automatizar y el tipo de variables que se van a acondicionar. Pues este es uno de estos casos. Este proceso se caracteriza por la adecuación de señales provenientes de sensores de temperatura, tacogenerador, sensores de nivel, entre otros. Los cuales pueden ser acondicionados utilizando etapas básicas de amplificadores operacionales sin la necesidad de adquirir dichos módulos que causarían un incremento considerable en los costos de implementación.

11.8.1 Celdas de carga para la medición del peso en ingredientes con granulometría. Se optó el sistema de placas de impacto, para medir el peso de los ingredientes granulados o en polvo. Los ingredientes que presenta granulometría fluyen hacia abajo dentro de un tubo y golpea sobre una placa de impacto que se encuentra soportada por medio de dos celdas de carga electrónicas. Las celdas de carga están montadas de tal manera que registran únicamente el componente horizontal de la fuerza del impacto. El material que pueda acumularse en las placas de impacto no afectará la lectura. Las fuerzas de impacto son integradas en lapsos de tiempo para proporcionar la velocidad de flujo, el peso total acumulado y peso en la placa sensora.

Figura 57. Sistema de pesaje para ingredientes con granulometría



11.8.1.1 Celda de Carga WIM WLC-SB. Este tipo de celdas es utilizado para aplicaciones en tolvas, mezcladoras así como básculas. No es conveniente tener este tipo de celdas para la medición del peso de los ingredientes que presentan granulometría, ya que la capacidad de medición es de 100kg a 10 tons. En el proceso de dosificación se manejan menores pesos o cantidades para realizar las diferentes tipos de mezclas.

Figura 58. Celda de carga



Fuente: Productos en línea weighing inspecting marking [en línea] [consultado el 12 de enero de 2012]. Disponible en internet: <http://www.wim-systems.com/celdas-de-carga-wim-wlc-sx.html>

11.8.1.2 Celda de carga WIM WLC-SX. La WLC-SX es una celda de carga tipo viga, en acero inoxidable y con sellado completamente hermético. Su uso es ideal para ambientes industriales. Ha sido muy utilizada para pequeños sistemas de pesaje de tanque y tolva, máquinas empacadoras y otros. Este tipo de celdas se ha seleccionado para pesar los ingredientes que presentan granulometría, el rango de medición es de 2kg hasta los 500kg, es un rango amplio si se piensa en modificaciones hacia el futuro en cuanto a las cantidades o pesos a dosificar.

Figura 59. Celda de carga tipo viga



Fuente: Productos en línea weighing inspecting marking [en línea] [consultado el 12 de enero de 2012]. Disponible en internet: <http://www.wim-systems.com/celdas-de-carga-wim-wlc-sx.html>

11.8.1.3 Análisis Acondicionamiento de señales en celdas de carga. En la industria de procesos es muy utilizado el modulo de acondicionamiento para señales análogas COND-A420 mostrado en la figura 61 para el acondicionamiento de señales análogas. No es conveniente utilizar este modulo para la adecuación de las 2 galgas instaladas en el sistema de pasaje de la figura 59. ya que estos módulos costosos alrededor de los 250 dólares y unos de los objetivos es la reducción de costos pensando que la solución es para una empresa pequeña. Sumado a lo anterior una característica técnica de estos módulos es que tienen como mínimos 10 entradas análogas las cuales se pueden acondicionar. El proceso realizado por la mezcla procesadora no tiene tantas entradas análogas. Así que se desperdiciaría recursos. Esta es la razón por la cual se ha planteado como solución al problema de acondicionamiento el diseño de un amplificador de instrumentación.

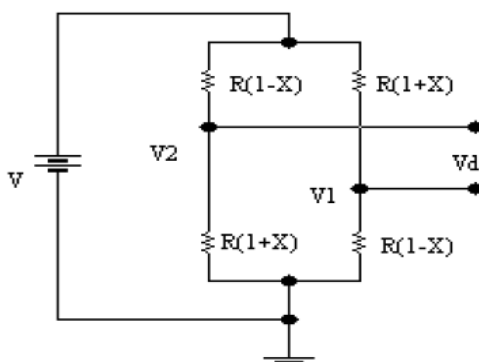
Figura 60. Modulo de acondicionamiento 1.



Fuente: Direct industry [en línea] [consultado el 12 de enero de 2012]. Disponible en internet: <http://www.directindustry.es/prod/sensy/acondicionadores-de-senales-para-celdas-de-carga-22186-450703.html>

11.8.1.4 Puente de wheatstone y amplificador de instrumentación para acondicionamiento en celda WIM WLC-SX. La celda de carga es conectada en una configuración Puente de wheatston como se ilustra en la figura 61. Y luego la salida v1 y v2 amplificadas por medio de un amplificador de instrumentación. Estas dos etapas son necesarias para acondicionar las dos señales provenientes de las dos celdas de carga ubicadas en el sistema de pesaje para los ingredientes sólidos.

Figura 61. Puente de Wheatstone celdas de carga



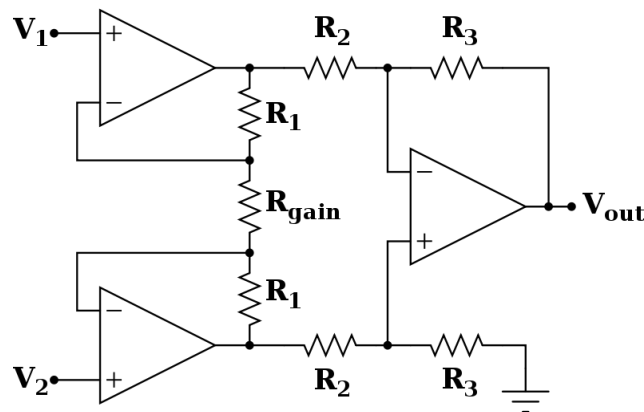
Cuadro 18. Salida de voltaje en las galgas. Configuración puente de Wheatstone

ESPECIFICACIONES TECNICAS
Ext = 15 V
Cap. Max = 100 kg
Salida = 3 mV/V
Peso Aplicado = 25 kg
Señal de cero = 1,5 mV
Señal resultante = V1 y V2?
Salida nominal = (Ext. * Salida)
V1, V2 (salida)= Salida nominal + Señal de cero
V1, V2 (salida)= (15V * 3mV/V) + 1,5 mV = 45mV + 1,5 mV = 46,5 mV

El diseño de un amplificador de instrumentación para el acondicionamiento de las señales V1 y V2 provenientes de las celdas de carga. Es necesario debido a que los valores en tensión entregados por las celdas WIM WLC-SX son pequeños, e

imposibles de ser leídas en forma directa. Por esta razón es necesario diseñar una etapa que permita acondicionar estas 2 señales y garantizar una adecuación de impedancias del circuito de entrada y el circuito de salida el cual leerá y procesara esta señal. La figura 62 muestra el diseño que se ha realizado para dicho propósito.

Figura 62. Amplificador de instrumentación para la celda WIM WLC-SX



$$V_{out} = (V_2 - V_1) \left(1 + \frac{2R_1}{R_g} \right) \frac{R_3}{R_2}$$

Valores calculados

- $R_3=R_2=100k$
- $R_1=50k$
- $R_g=30k$
- v_1 y v_2 provenientes de las celdas de carga varía entre 5mv y 150mv
- Volt: valor mínimo 46 mv valor máximo 5v

11.8.2 Sensado de la temperatura en mezcladores. Se seleccionó la termocupla Tipo J la cual tiene un rango de medición de 0 °C a 600°C ilustrado en la figura 63. El sensor es intercambiable y se puede sustituir rápidamente por otro en caso de presentar defecto. La carcasa es en aluminio y acero inoxidable y cumple con el tipo de protección IP 54, 69 o 69K. La sonda de temperatura Pt100 mide la temperatura de forma fiable. La rosca de sujeción de la sonda de temperatura Pt100 WTR 110 está disponible por defecto hasta una longitud de 300 mm y es de acero inoxidable. El diámetro es de 9 mm. A través de la rosca puede sujetar la sonda de temperatura Pt100 en tuberías o recipientes. En la cuadro 16

se puede observar otras opciones que pudieron haberse seleccionado, pero la termocupla tipo J es la mejor opción por los rangos de temperatura que puede medir. Las otras opciones manejan rangos de medición muy elevados que no son necesarios en el proceso.

Figura 63. Termocupla con encapsulado. Medición temperatura en mezcladores 1 y 2



Fuente: Instrumentación industrial Termocuplas tipo j y k [en línea] [consultado 12 de enero de 2012]. Disponible en internet: http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf

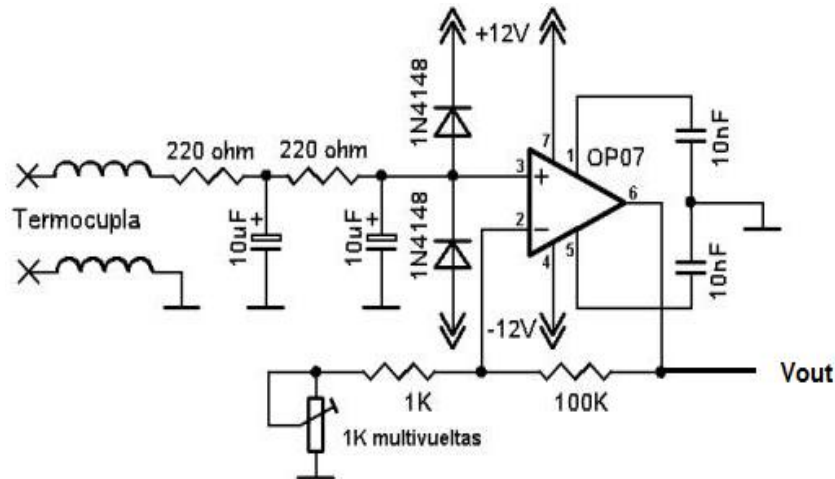
Cuadro 19. Sensores industriales termocuplas tipo j, k PT100

Dígito	Catálogo	Sensor	Dimensiones Bulbo mm.		Rango de T°	T° Maxima
			Largo	Ø		
0415666-8	TCS-106J	Termocupla J	2	4	0 a 600°C	400°C
0415668-4	TCS-106K	Termocupla K	2	4	0 a 800°C	400°C
0415670-6	TCB-902K	Termocupla K	100	5	0 a 800°C	500°C
0415672-2	TCP-907/PT-100	PT-100	50	5	-50 a 300°C	400°C
0415673-0	TCP-907/PT-100	PT-100	100	5	-50 a 300°C	400°C
0415674-9	TCP-907/PT-100	PT-100	150	5	-50 a 300°C	400°C
0415678-1	TCP-109-J	Termocupla J	100	5	600°C	600°C
0415680-3	TCP-109-K	Termocupla K	200	5	800°C	600°C
0415683-8	* TSB/K	Termocupla K	100	9,5	0 a 800°C	800°C

Fuente: Instrumentación industrial Termocuplas tipo j y k [en línea] [consultado 12 de enero de 2012]. Disponible en internet: http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf

11.8.2.1 Acondicionamiento de señal para termocupla. Como se puede apreciar, en la figura 64 que la salida del voltaje de la termocupla se filtra fuertemente para evitar cualquier tipo de interferencias. Luego del filtrado la señal es amplificada por un OA tipo OP07 que es de bajo offset y alta ganancia, para luego atacar la entrada del conversor A/D del Microcontrolador.

Figura 64. Acondicionamiento de señal para termocupla



11.8.3 Sensado de la velocidad en los mezcladores. Se ha seleccionado el tacogenerador ilustrado en la figura 65. el cual no necesita una fuente externa para su funcionamiento. Tiene un eje de rotación de 11 mm compensación De temperaturas, voltaje de circuito Abierto 10 a 60 mV por revoluciones por minuto.

Figura 65. Tacogenerador IP 55



Fuente: Instrumentación industrial Termocuplas tipo j y k [en línea] [consultado 12 de enero de 2012]. Disponible en internet: http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf

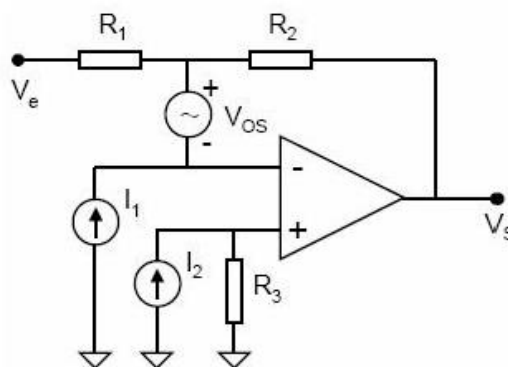
11.8.3.1 Acondicionamiento de Señal para Tacogeneradores. Los sensores generadores tienen unas características muy exigentes para las etapas de acondicionamiento. Así las señales de estos sensores suelen ser continuas o de muy baja frecuencia, y los amplificadores de continua presentan el problema de la tensión de desequilibrio (offset), las corrientes de polarización y desequilibrio y las derivas de todas ellas, principalmente con el tiempo y la temperatura. En otros casos se tiene que la señal a acondicionar es muy débil, pero procede de un sensor con alta impedancia de salida, con lo que se hace necesario utilizar estructuras de amplificación diferentes de la convencional. En un amplificador operacional (AO) real la tensión de salida no es nula cuando lo son las de entrada, y es preciso someter a las entradas a una determinada diferencia de tensión (tensión de offset V_{os}) para anular la tensión de salida. También se tiene que las corrientes de entrada no son nulas y además son diferentes, lo que se denomina corriente de desequilibrio (I_{os}). Además de todo ello se producen desequilibrios con el tiempo y con la temperatura principalmente. En la figura 66 se muestra el efecto de los desequilibrios en un amplificador inversor. La tensión de salida viene dada por:

$$V_s = -\frac{R_2}{R_1}V_e + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_{os} - I_1R_2 + I_2R_3\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

La resistencia R_3 no es necesaria, pero si se elige $R_3 = R_1$ y R_2 , entonces la expresión anterior queda:

$$V_s = -\frac{R_2}{R_1}V_e + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_{os} + I_{os}R_2$$

Figura 66. Acondicionador del tacogenerador con amplificador operacional



11.9 ANÁLISIS SELECCIÓN DE ACTUADORES

En la selección de actuadores se realiza un análisis, en el cual se consideran criterios básicos que son necesarios para integrar un determinado elemento a la automatización del proceso. Estos elementos tales como electroválvulas, transformador de ignición, motor principal para mezclador 1 y 2. Entre otros.

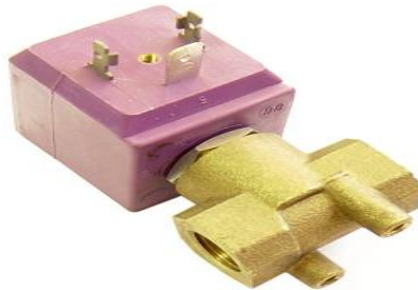
11.9.1 Selección electroválvulas para ingredientes líquidos. Los criterios que se han tenido en cuenta para la selección adecuada de las electroválvulas, son las siguientes:

- Fluido a controlar (características de viscosidad y pH).
- Rangos de Presión con los que se desea trabajar.
- Temperatura del fluido (y del medio externo).
- Tipo de tubos o conexión (tamaño y estilo).
- Características eléctricas de la válvula (voltaje con que trabaja; CC o AC)
- Opciones específicas para la aplicación: Normalmente abierta o cerrada.- Presión segura de trabajo (SWP)

Electroválvulas para el paso líquidos

La electroválvula seleccionada para el control en la cantidad de líquidos vertidos en los mezcladores 1 y 2 es la CEME 6712. Esta electroválvula se adecua muy bien para manejar líquidos con diferentes niveles de Ph. Tales como la leche la cual es ligeramente ácida con un pH comprendido entre 6,6 y 6,8. Estos elementos no debes cambiar las características físicas de estos líquidos vertidos. Es esta una de las razones por la cual se ha seleccionado este dispositivo ilustrado en la figura 67. Esta electroválvula se activa a 24 vdc, de 1/4" y 6W.

Figura 67. Electroválvulas CEME 6712. Para el fluido de líquidos.



Fuente: Electroválvulas proporcionales servoaccionadas de 2 vías modelo EV260B [en línea] [consultado 18 de enero de 2012]. Disponible en internet: http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf

11.9.2 Selección electroválvulas para el paso de gas a hornillas 1 y 2. Para la regulación progresiva del caudal de gas en las hornillas, para el control de la temperatura en los mezcladores 1 y 2 se ha considerado la electroválvula de acción proporcional de 2 vías modelo EV260B mostrada en la figura 68. la cual cuenta con los siguientes características.

- Tiempo de reacción cortó
- Características lineales en el rango de regulación
- Se cierra ante una caída de tensión (función anticaidas)
- Tensión de 24 V cc
- De 4 a 20 mA estándar o de 0 a 10 V cc para señal de control
- Para fluido de gas
- Rango de caudal de gas: 0,5-12,7 m³/h.

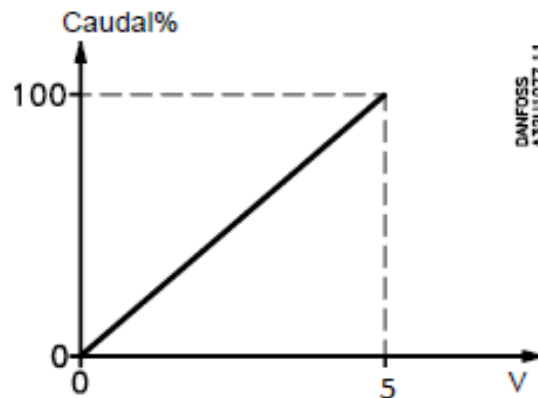
Figura 68. Electroválvula proporcional. Control del gas en boquillas 1 y 2.



Fuente: Electroválvulas proporcionales servoaccionadas de 2 vías modelo EV260B [en línea] [consultado 12 de enero de 2012]. Disponible en internet: http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf

La señal de control enviada por el microcontrolador a la electroválvula, es una señal PWM. El rango de esta señal continua es de 0 a 5 v. para lograr una apertura o cierre de forma proporcional del 0% al 100% en la electroválvula. Lo anterior es ilustrado en la figura 69.

Figura 69. Regulación de la electroválvula con respecto al voltaje de entrada



Fuente: Electroválvulas proporcionales servoaccionadas de 2 vías modelo EV260B [en línea] [consultado 12 de enero de 2012]. Disponible en internet; http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf

11.9.3 Selección transformador de ignición. Es necesario generar una chispa controlada por medio de un transformador de ignición que permita encender de forma automática la llama en las hornillas 1 y 2 y mantener la temperatura en los rangos adecuados para la elaboración de los 3 tipos de mezclas o productos. Se ha seleccionado el transformador ilustrado en la figura 70, el cual es un dispositivo de la serie TAR. Este tipo de transformadores han sido utilizados por mucho tiempo en la industria colombiana en aplicaciones relacionadas con:

- Quemadores de gas.
- Quemadores de gasolina.
- Quemadores de nafta.

Los criterios que se tuvieron en consideración para la selección de este dispositivo se muestran en la cuadro 17.

Figura 70. Transformador de ignición para las boquillas 1 y 2 .



Fuente: Transformadores de encendido para quemadores serie tar [en línea] [consultado 30 de febrero de 2012]. Disponible en internet: http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf

Cuadro 20. Criterios de selección del transformador de ignición.

CRITERIOS DE SELECCION
Temperatura de funcionamiento: 0 -70° C
Corriente secundaria: 20 mA
Posición de montaje: cualquier
Tensión primaria: 115 / 230 V
Frecuencia: 60 Hz
Corriente primaria: 2 / 1 A
Masa: 1,3 kg
Longitud cable alimentación: 38 cm

11.9.4 Selección de relé. Para la activación de las electroválvulas se ha seleccionado los relés de marca FINDER. Por su gran fiabilidad en espacios industriales. En la figura 71. se puede observar el modelo de la serie 4051. El cual presenta las características mostradas en la cuadro 18.

Figura 71. Relé modelo 4051. Para la activación de electroválvulas.

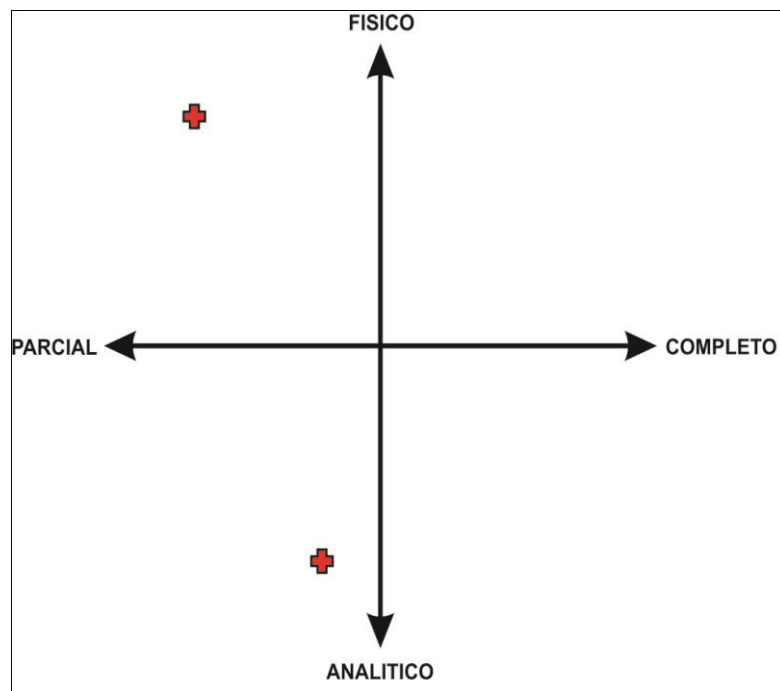


Fuente: Electroválvulas proporcionales servoaccionadas de 2 vías modelo EV260B [en línea] [consultado 12 de enero de 2012]. Disponible en internet; http://www.vignola.cl/pdf_secciones/04/4-15-47.pdf

12. PROTOTIPADO

El proceso de prototipado es una etapa importante en el proyecto, ya que se busca dar a conocer la apariencia final del producto, además de su nivel de funcionalidad, estética y practicidad.

Figura 72. Diferentes prototipos a desarrollar.



En la figura 72 se puede ver dos prototipos a desarrollar, un prototipo físico-parcial con el cual se desea brindar una aproximación visual del producto a diseñar, con el fin de comunicar una posible apariencia física final y poder integrar los diferentes subsistemas desarrollados; y un prototipo parcial-analítico con el que se desea mostrar el nivel de funcionalidad de la planta en términos de programación y automatización.

12.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

A través del software informático CorelDRAW y sus herramientas de diseño se implementa un prototipo físico parcial en 3D de los tanques de dosificación, y la máquina en general con cada uno de sus elementos.

A continuación se procede a analizar la forma como se deducen las medidas de los tanques, por medio de ecuaciones matemáticas, consideraciones de diseño y especificaciones del cliente.

12.1.1 Especificaciones para el diseño de la planta.

Cuadro 21. Especificaciones para el desarrollo del diseño.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	
ESPECIFICACION	VALOR
VELOCIDAD DE FLUIDO EN LA TUBERIA DE PVC	3,28 Ft/Seg
VOLUMEN DE DOSIFICADORES DE LIQUIDOS	80 Lt
MATERIAL TUBERIAS DE GAS	COBRE
MATERIAL TUBERIAS LIQUIDOS	PVC
MATERIAL TRANSPORTADORA SOLIDOS	ALUMINIO
FUENTE DE AGUA	ACUEDUCTO
MATERIAL DE ESTRUCTURA DE LOS DOSIFICADORES	HIERRO

En la cuadro 18 se pueden ver una serie de especificaciones relevantes para el desarrollo del diseño del prototipo 3D, con las cuales se permite hacer un estudio de ingeniería detallado.

Se debe considerar a la hora del diseño, que los tanques de dosificación tenga la capacidad de almacenamiento de ingredientes para 5 procesos al 100%, y estos deben quedar ubicados un 30 cm más alto que la estructura de la máquina mezcladora, es decir, la estructura de los dosificadores debe superar en altura a los mezcladores 1 y 2, y a la máquina en general, con el fin de dar espacio a los medios de distribución de líquidos y sólidos.

Cuadro 22. Materiales más usados para la estructura y los tanques de dosificación.

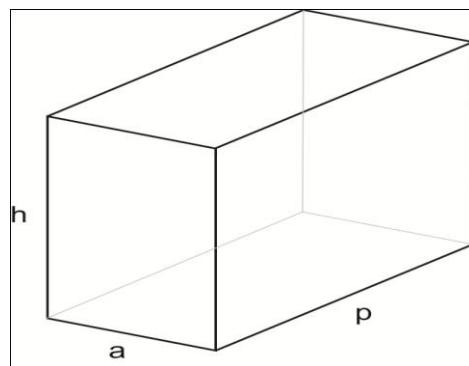
MATERIAL	COSTOS	RENDIMIENTO
PVC	Bajo	Bajas presiones
ACERO INOXIDABLE	Alto	Altas presiones
ACRILICO	Bajo	Bajas presiones
ALUMINIO	Alto	Altas fuerzas
HIERRO	Medio	Altas fuerzas

12.2 DIMENSIONES DE LOS TANQUES DE DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS.

La función de los tanques de dosificación es almacenar el volumen necesario de cada ingrediente líquido para una producción diaria al 100%, a partir de este requerimiento es necesario que los tanques a diseñar cumplan con las dimensiones adecuadas para almacenar el volumen apropiado de cada líquido.

Para una producción diaria al 100%, equivalente a 8 procesos completos con la capacidad máxima en mezcladores, es necesario que los dosificadores tengan una capacidad de almacenamiento de 80 Litros de líquido.

- VOLUMEN DE UN CUBO**



$$V = h.p.a$$

Volumen del cubo

h = 50 cm
p = 60 cm
a = 30 cm

$$V = 50cm \times 30cm \times 60cm$$

$$V = 90Litros$$

$$V = 90000cm^3$$

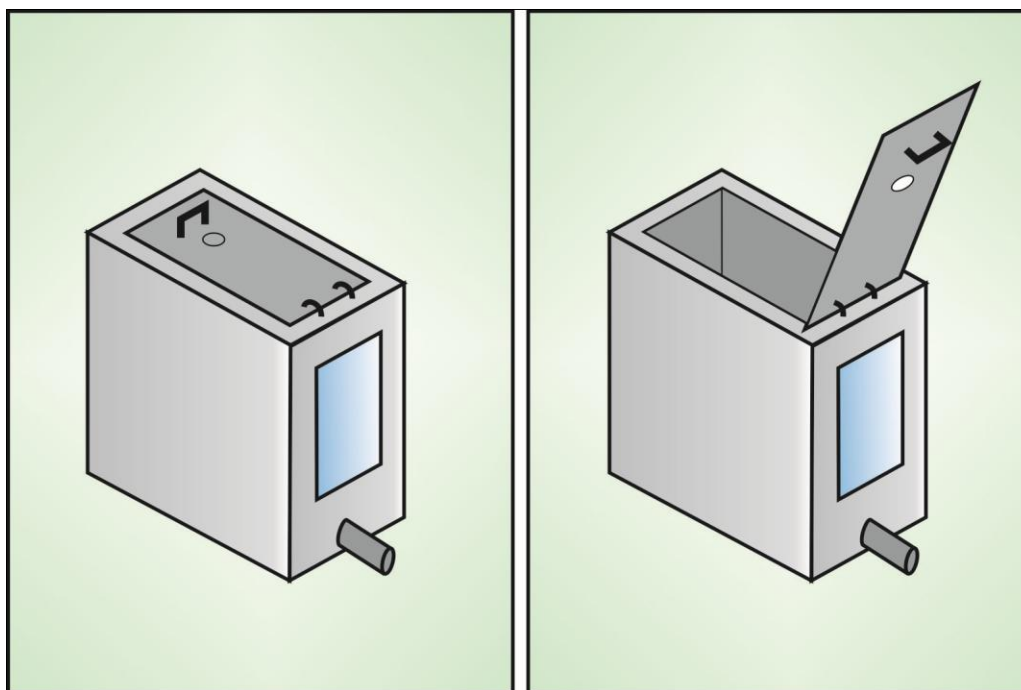
12.2.1 Diseño tanque de dosificación de líquido.

Cuadro 23. Medidas de tanques de dosificación.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	MEDIDA	SIMBOLOGÍA
Volumen del tanque	90 Litros	Lt.
Altura del tanque	50 cm	h
Profundidad	60 cm	p
Ancho del tanque	30 cm	a

12.2.2 Prototipo 3D tanque de dosificación de líquido.

Figura 73. Prototipo 3D tanque de dosificación para líquidos.



12.3 TANQUE DE DOSIFICACION DE SOLIDOS

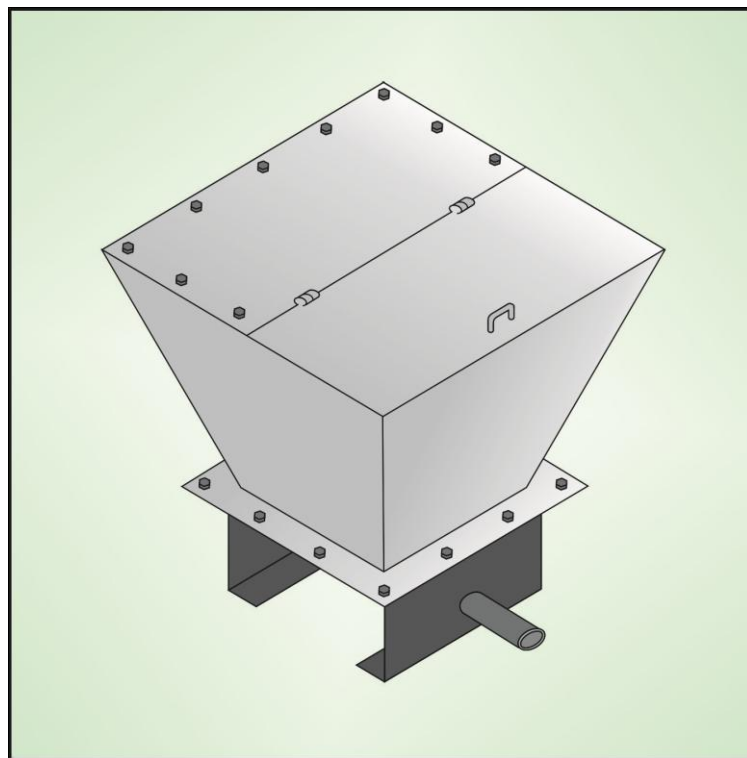
El tanque de dosificación de sólidos debe garantizar que puede almacenar la cantidad necesaria de ingredientes sólidos y granulados que se requieren para una producción diaria al 100%.

Cuadro 24. Medida de tanques de dosificación sólidos.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	MEDIDA	SIMBOLOGÍA
Volumen del tanque	463333 cm ³	Cm ³

12.3.1 Prototipo 3D tanque de dosificación para sólidos.

Figura 74. Prototipo 3D tanque de dosificación para sólidos.



12.4 DISEÑO PANEL DE CONTROL DE LA MÁQUINA MEZCLO PROCESADORA.

Para el diseño del panel de control se tuvieron en cuenta varios factores, entre ellos la altura promedio de las personas en Colombia, además de la posición adecuada de los botones de control y señales de alarma para una mejor ergonomía.

Figura 75. Vistas ortogonales de la transportadora de panel de control.

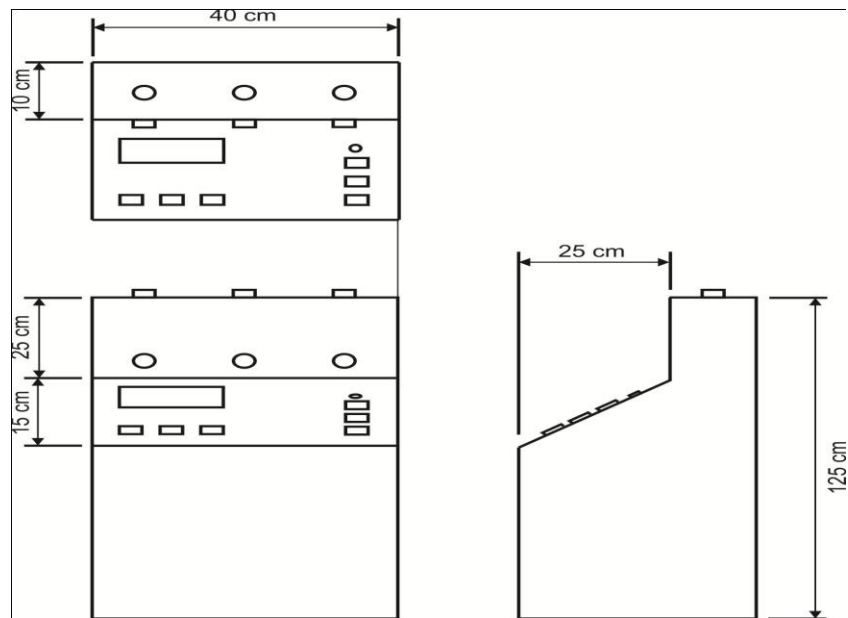
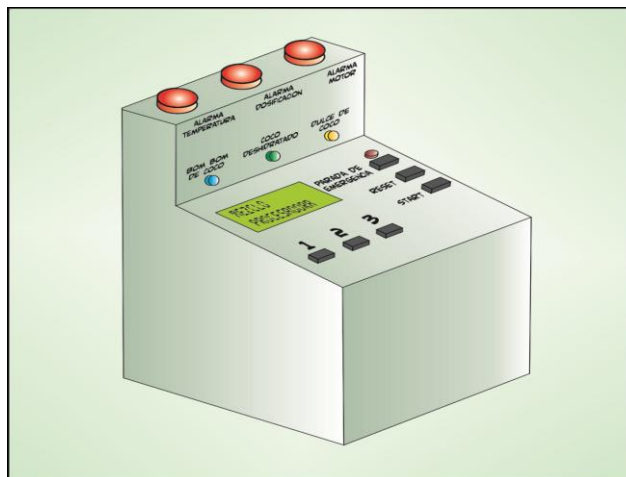


Figura 76. Prototipo 3D panel de control de mezclo procesadora.



12.5 DISEÑO DE TRANSPORTADORA DE INGREDIENTES SÓLIDOS.

En el diseño de la transportadora de ingredientes sólidos se tuvo en cuenta la distancia a la cual se encuentran cada uno de los mezcladores, de esta manera se adecuo cada canal para que deposite los ingredientes previamente dosificados. En la figura 77 y 78 se ilustra tanto las medidas necesarias para la transportadora de alimentos y el diseño en 3D de la misma.

La figura 79 muestra el prototipo en 3D de la máquina mezclo procesadora con cada uno de los elementos seleccionados y diseñados.

Figura 77. Vistas ortogonales de la transportadora de ingredientes.

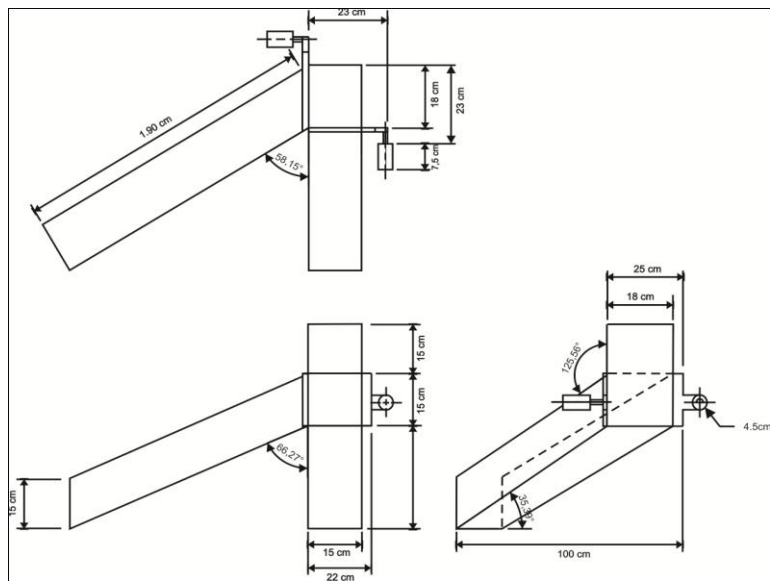


Figura 78. Prototipo 3D transportadora de ingredientes sólidos.

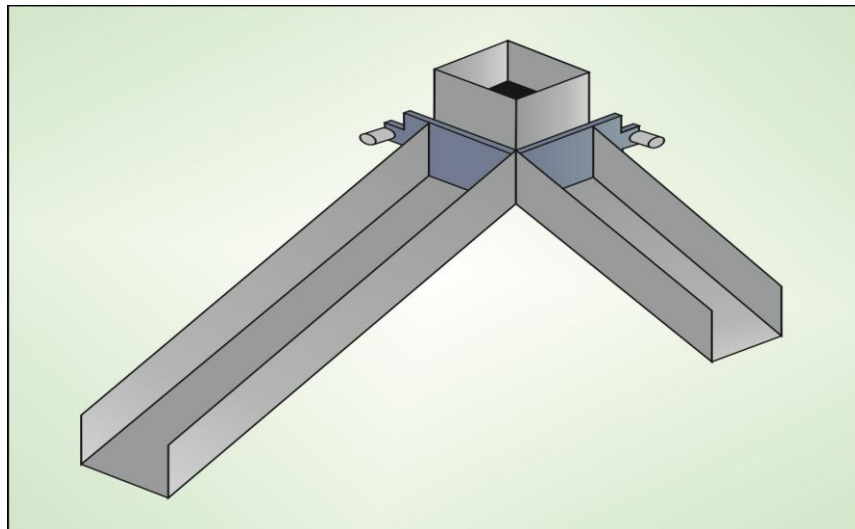
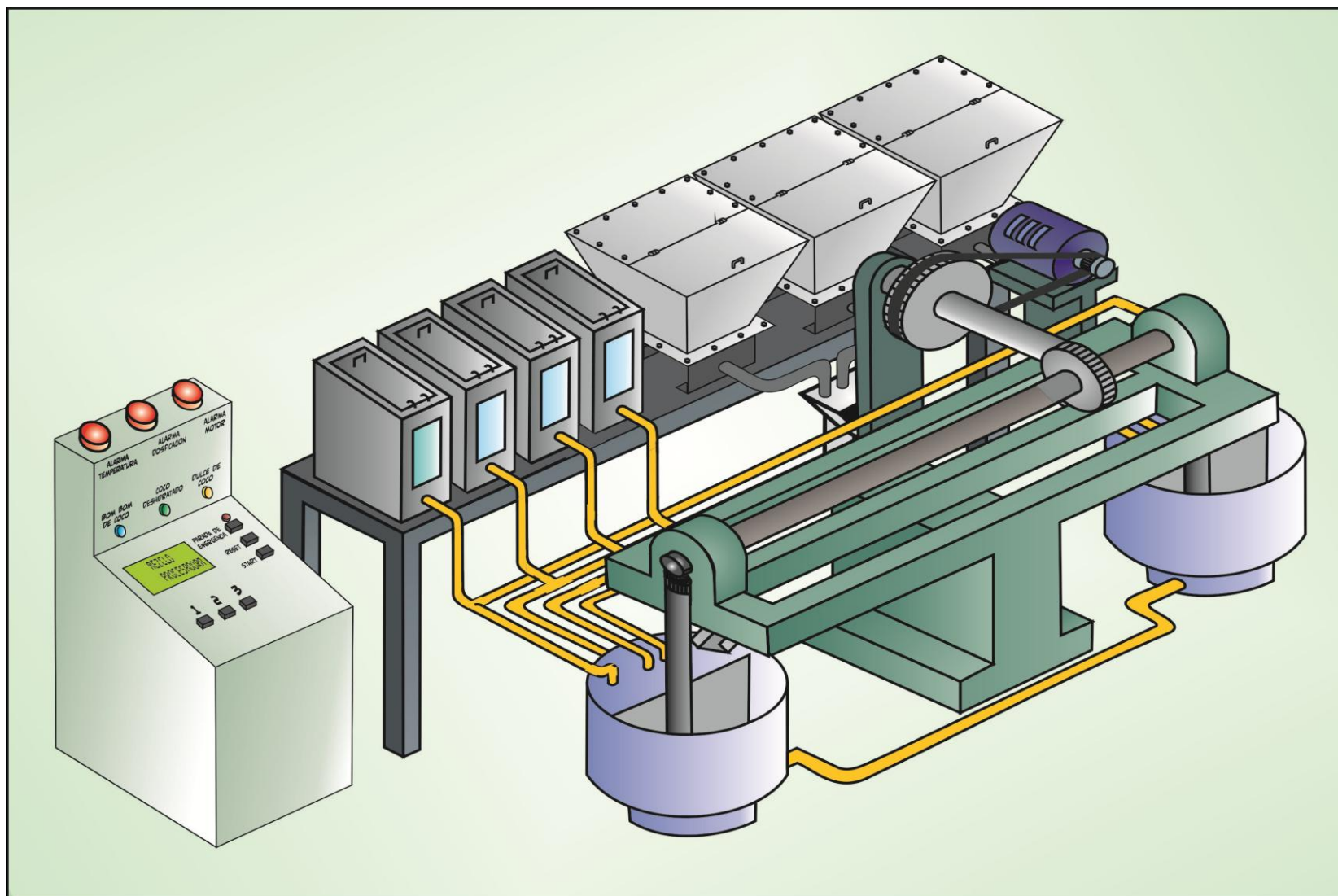


Figura 79. Prototipo 3D máquina mezclo procesadora.



13. DISEÑO PARA LA MANUFACTURA Y ENSAMBLE

13.1 ANALISIS DEL DISEÑO PARA LA MANUFACTURA (DPM)

Pensando en el DPM se integraron diferentes partes para que estas ejecuten varias funciones, como por ejemplo, la base de los tanques de dosificación y el chasis del panel de control.

En relación al sistema electrónico se valoro la implementación modular aprovechando el espacio disponible y ubicando estratégicamente los sensores aumentando así la confiabilidad en la actividad de estos.

13.1.1 Lista de componentes

Cuadro 25. Lista de componentes

COMPONENTE	CANTIDAD	COSTO ESTIMADO UNITARIO	COSTO ESTIMADO TOTAL
Microcontrolador (DSPIC30F3011)	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Microcontrolador (ATMEL-89C51CC01)	1	\$ 18.000	\$ 18.000
Amplificador operacional	7	\$ 4.900	\$ 34.300
Transistores IGBT's (HGTG30 N60A4D)	6	\$ 3.500	\$ 21.000
Opto acoplador 6N137	1	\$ 2.850	\$ 2.850
Circuito integrado IR2110	1	\$ 8.500	\$ 8.500
Galga de carga WIM WLC-SX	5	\$ 46.000	\$ 230.000
Termocuplas tipo J (WRT 110)	3	\$ 70.000	\$ 210.000
Tacogenerador IP55	1	\$ 70.000	\$ 70.000
Relé 24v serie 4051	11	\$ 9.000	\$ 99.000
Relé 12v 231	7	\$ 8.500	\$ 59.500
Relé Térmico EBC55-70am	1	\$ 43.000	\$ 43.000

Cuadro 25 (continuación)

Final de carrera	4	\$ 2.500	\$ 10.000
Voltímetro digital	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Cable vehicular	50mts.	\$ 35.000	\$ 35.000
Decodificador 74LS154	1	\$ 2.000	\$ 2.000
LCD 2x16	1	\$ 24.000	\$ 24.000
Selector análogo 4066	1	\$ 1.500	\$ 1.500
Piloto 12v	7	\$ 1.200	\$ 8.400
Pulsadores	6	\$ 800	\$ 4.800
Hornillas 4F2X	2	\$ 18.500	\$ 37.000
Resistencias	60	\$ 100	\$ 6.000
Condensador	15	\$ 200	\$ 3000
Diodos rectificador	9	\$ 300	\$ 2.700
Electroválvula CEME 6712	11	\$ 30.000	\$ 330.000
Electroválvula EV260B	1	\$ 28.000	\$ 28.000
Transformador de ignición serie TAR	1	\$ 45.000	\$ 45.000
Manguera de 3'' x 2,50mts.	4	\$ 70.000	\$ 280.000
Manguera de 5'' x 1,50mts.	3	\$ 95.000	\$ 285.000
Tubo de cobre 1'' x 4mts	1	\$ 40.000	\$ 40.000
Dosificador sólidos	3	\$ 450.000	\$ 1.350.000
Dosificador líquidos	4	\$ 300.000	\$ 1.200.000
Transportadora de sólidos	1	\$ 150.000	\$ 150.000
Motores 12v	2	\$ 8.000	\$ 16.000
Sensores ultrasónicos	4	\$ 40.000	\$ 160.000
Tornillos	20	\$ 3.500	\$ 70.000
Tuercas	20	\$ 3.000	\$ 60.000
Arandelas	20	\$ 2.000	\$ 40.000
Cable trifásico	10mts.	\$ 30.000	\$ 30.000
Chasis panel de control	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Estructura hierro dosificadores	1	\$150.000	\$150.000
TOTAL COSTO DE MATERIALES			\$ 5.444.550

13.2 COSTO DE MONTAJE

Cuadro 26. Mano de Obra Mensual.

Salario Mensual Ingeniero	\$ 2.000.000
F.P. Ingeniero	\$1.000.000
Total Salario Mensual Ingeniero	\$3.000.000
Salario mensual técnico electromecánico	\$ 700.000
F.P. técnico	\$ 350.000
Total Salario mensual técnico electromecánico	\$ 1.050.000
Total mano de obra mensual: \$ 4.050.000	

Cuadro 27. Materiales.

Materiales : \$5.444.550
COSTO TOTAL DE MONTAJE: \$ 9.994.550

13.3 COSTOS DE PRODUCCION (Materia prima y Materiales en la producción)

Cuadro 28. Costos de producción.

CANTIDAD	MATERIA PRIMA	COSTO POR PRODUCTO
1L	Leche	\$1500
1Kg	Coco	\$3100
1L	Miel	\$3000
1Kg	Mezcla	\$5000
1Kg	Mani	\$4000
1Kg	Azúcar	\$1000
Valor total materia prima por producto		\$17.600
Valor total materia prima por paquete producido		\$2.250

Cuadro 29. Costos de empaque.

ZONA	MATERIALES	CANTIDAD PARA 305 UNI.	COSTO POR UNIDAD	COSTO POR PCTO.
EMPAQUE	Bolsas plásticas (Empaque)	305 paquetes	\$ 50	(305x50)= \$15250
	TOTAL MATERIALES		\$ 50	\$15.250

Costo total de producción por unidad: \$2.250 + \$50 = \$2300

13.4 INGRESOS

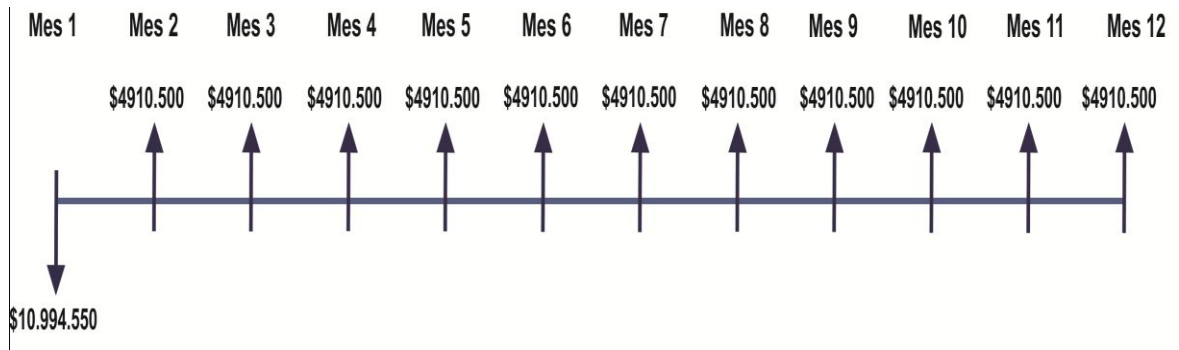
El precio de venta del producto es de \$3.000 por unidad (paquete) este valor se obtuvo analizando los precios de venta por parte de la competencia y la relación más adecuada teniendo en cuenta la producción y la cantidad de producto a vender, además del flujo de fondo del producto genera una estimación adecuada de los ingresos producidos por las ventas.

13.5 RECUPERACION DE LA INVERSIÓN

Cuadro 30. Información financiera del flujo de fondos.

INVERSIÓN INICIAL	\$10.994.550
VALOR DE RESCATE	\$0
FLUJO NETO DE EFECTIVO	\$4.910.500
VIDA DEL PROYECTO EN MESES	12

Figura 80. Diagrama de flujo de fondos



Determinación de la TIR

- VPN - Valor presente neto.
- S₀ - Inversión Inicial.
- Fne - Flujo de efectivo neto del período t.
- n - Número de períodos de vida del proyecto.
- i - Tasa de interés

$$VPN = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Fne}{(1+i)^t}$$

$$0 = -10.994.550 + \frac{4.910.500}{(1+i)} + \frac{4.910.500}{(1+i)^2} + \frac{4.910.500}{(1+i)^3} + \dots + \frac{4.910.500}{(1+i)^{12}}$$

$$\left[\frac{1 - (1+i)^{-12}}{i} \right] = 2.238$$

Suponiendo un valor inicial de $i = 44\%$

$$\left[\frac{1 - (1 + 0.44)^{-12}}{0.44} \right] = 2.24$$

La TIR es aproximadamente para este proyecto del 44% mensual. Es decir el dinero invertido se recupera el 44% cada mes realizando un análisis correspondiente a 1 año.

Cuadro 31. Características de producción maquina mezclo procesadora sin automatizar.

Capacidad de salida	180 paquetes diarios
Cantidad de turnos	4 turnos diarios
Costo de producción diaria	\$ 427.000
Costo de producción unitario (Paquete)	\$ 2.400
Producción mensual	4.140 paquetes

Cuadro 32. Características de producción maquina mezclo procesadora automatizada

Capacidad de salida	305 paquetes diarios
Cantidad de turnos	8 turnos diarios
Costo de producción diaria	\$686.2500
Costo de producción unitario (Paquete)	\$ 2.250
Producción mensual	7.015 paquetes

Con el diseño automatizado de la línea de producción de la maquina mezclo procesadora no solo se logra incrementar considerablemente la producción diaria, también se logra la reducción de costos de producción y perdidas de materia prima.

Con el diseño automatizado se lograría aumentar la cantidad de turnos de funcionamiento diarios de la maquina mezclo procesadora lo cual contribuye

razonablemente en el aumento de la producción diaria, donde la maquina optimiza tiempos y ejecuta tareas rápidas sin la supervisión constante de los operarios. La producción aumentaría un 35% generando una mayor rentabilidad. Lo que significa que con el proceso anterior se generaban ganancias mensuales de \$2.760.000 y con nuevo proceso automatizado se generarían ganancias mensuales de \$4.910.500.

Después de 552 procesos terminados lo que es igual a 2 meses de trabajo se recupera la inversión. Se debe tener en cuenta que este calcula es estimado suponiendo que la maquina mezcladora procesadora solo estaría operando 8 horas diarias de 23 días del mes.

14. DISEÑO PARA LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

En esta etapa se analizan y se plantean los riesgos seguridad industrial inherentes al proyecto y sus posibles soluciones.

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos en la industria. Parte del supuesto de que toda actividad industrial tiene peligros inherentes que necesitan de una correcta gestión. Los principales riesgos en la industria están vinculados a los accidentes, que pueden tener un importante impacto ambiental y perjudicar a regiones enteras, aún más allá de la empresa donde ocurre el siniestro.

La seguridad industrial, por lo tanto, requiere de la protección de los trabajadores (con la dotación necesarias) y su monitoreo médico, la implementación de controles técnicos y la formación vinculada al control de riesgos. En la figura 81 se hace referencia a la indumentaria que requiere el operario para operar la mezcladora procesadora.

Figura 81. Dotación necesaria para operar la máquina.



15. MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento que se debe implementar en la máquina para mantenerla en buenas condiciones de operatividad implica aplicar al menos dos tipos de mantenimiento de los tres plateados.

15.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

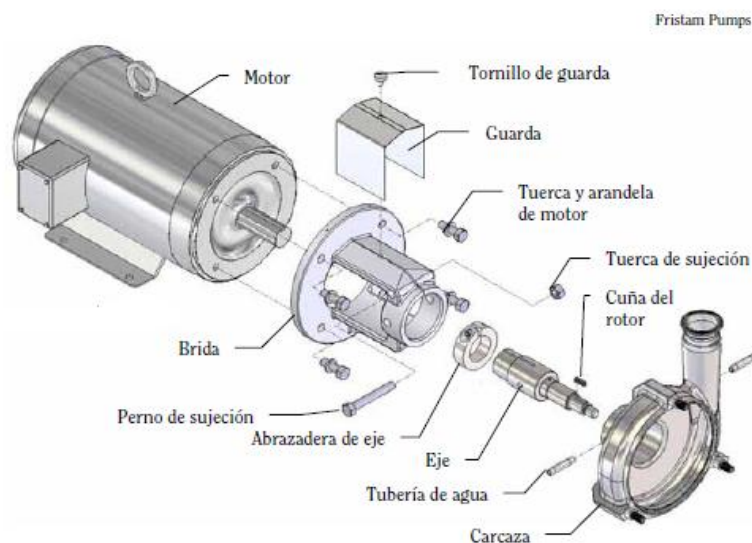
El mantenimiento preventivo ha sido orientado a las acciones que debe realizar la persona encargada de mantener la mezcla procesadora en buenas condiciones para que realice algunas tareas tales como; Reemplazos de partes mecánicas o electrónicas, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc.

Todos los sensores y actuadores tales como: Tacogeneradores electroválvulas, transformador de ignición y todas las partes de la máquina incluyendo tuberías deben ser limpiados mínimo una vez al mes, así como cada una de las partes del panel principal o panel de control. Evaluar constantemente que el funcionamiento sea normal y coherente con el diseño planteado. Se debe monitorear los niveles de ruido de los actuadores, sensado acorde a la dosificación, temperatura dentro de los rangos preestablecidos, entre otros. La parte de la máquina más compleja de realizar este tipo de mantenimiento es al motor principal ya que implica desarticular el sistema de engranes para lubricar pieza por pieza.

15.1.1 Mantenimiento motor principal

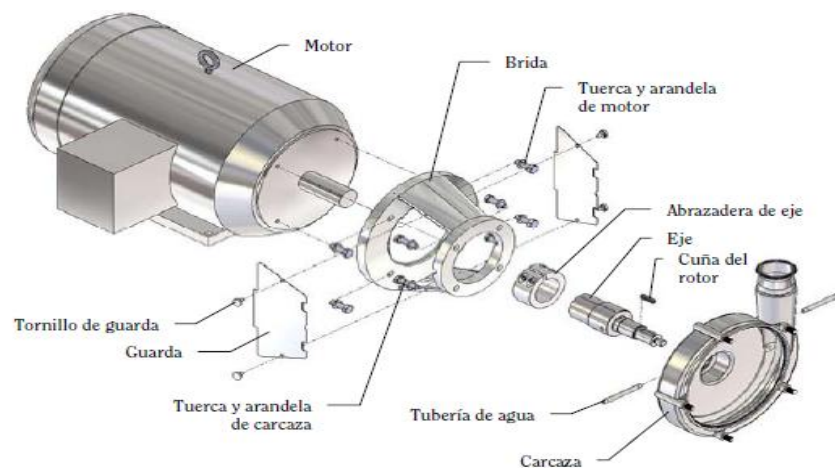
En la figura 82 se puede observar detalladamente el motor principal de la máquina mezcla procesadora el cual tiene como función crear un movimiento de rotación en los mezcladores de la máquina. El plan de mantenimiento preventivo está dirigido hacia la lubricación de cada uno de los engranes que conforman este motor para reducir el refuerzo mecánico el cual puede causar errores en la electrónica que permite automatizar la máquina

Figura 82. Motor principal de mezcladores



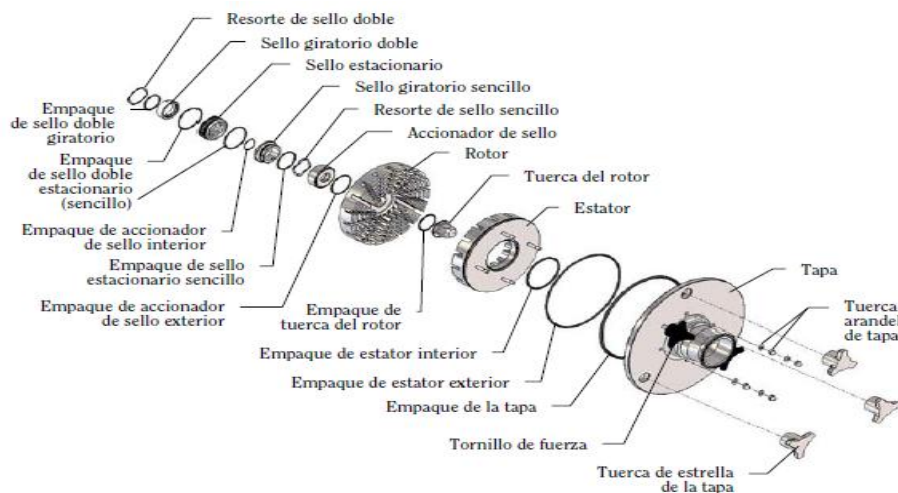
Quite la guarda de la brida. Quite las tuercas de estrella de la tapa usando un martillo de cara suave. Quite la tapa y deseche el empaque de la tapa. Retire el estator de la tapa girando los tornillos en la dirección de las manecillas del reloj para soltarlo. Quite los empaques del estator. Coloque una varilla de 3/8" o un destornillador de estrella (Phillips) en el agujero del eje. Use un cubo de 15/16" con trinquete para quitar la tuerca del rotor. Deseche el empaque de la tuerca del rotor. Quite el rotor. Usted puede introducir dos varillas o destornilladores en los orificios del rotor para soltarlo. Quite la guía (cuña). Como me describe en la figura 83.

Figura 83. Engranes del motor principal



Una vez desarmado los engranes se debe lubricar con grasa cada uno de las partes indicadas en la figura 84 y volver a instalar.

Figura 84. Partes del motor que deben ser lubricadas



15.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo está basado en la determinación del estado de la máquina en operación. El concepto se basa en que la máquina dará un tipo de aviso antes de que falle y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones. El jefe de mantenimiento debe revisar de forma periódica los equipos y reemplazar ciertos componentes en función de estimaciones estadísticas, muchas veces proporcionadas por el fabricante. Con este mantenimiento se reduce el coste del mantenimiento no planeado y los fallos imprevistos. Por esta razón el operario debe reportar al jefe de mantenimiento algún tipo de anomalía que presente la máquina cuando este en operación. Para que este realice ensayos no destructivos, como pueden ser análisis de aceite, análisis de desgaste, programación del sistema, cables averiados, tuberías rotas, entre otros factores que pueden afectar el funcionamiento del sistema. El mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurran fallas. Por esta razón las probabilidades juegan un papel importante, permiten determinar que probable es que ocurran fallas en la máquina hacia el futuro. Para determinar lo anterior es importante conocer datos estadísticos que permitan calcular dichas tendencias.

La máquina mezcladora procesadora tiene un promedio de 2.5 fallas /mes cuando no existe mantenimiento alguno. Más de 4 fallas/mes las pérdidas que sufre la empresa son considerables.

15.2.1 Análisis probabilístico de máquina mezcladora sin automatización. Que probabilidad existe de se presente las siguientes fallas sin optar ningún plan de mantenimiento.

- 4 fallas/mes
- Entre 4 y 6 fallas/mes,
- No más de tres fallas/mes.
- Ninguna falla/mes.

El número de ocurrencias o fallas en un intervalo es llamada variable aleatoria Poisson y su función de probabilidad está dada por:

$$f(x; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots \quad \lambda \geq 0$$

Sea X el número de fallas/mes que presenta la mezcla procesadora. Entonces X se distribuye como una Poisson con parámetro $\lambda=2.5$

$$\phi(x;2.5) = \frac{e^{-2.5} 2.5^x}{x!}$$

Probabilidad que ocurran 4 fallas/mes

$$P(X=4) = \sum_{x=0}^4 \phi(x;2.5) - \sum_{x=0}^3 \phi(x;2.5) = F(4;2.5) - F(3;2.5) = 0.8912 - 0.7576 = 0.1336$$

Probabilidad que ocurran entre 4 y 6 fallas/mes

$$P(4 \leq X \leq 6) = \sum_{x=0}^6 \phi(x;2.5) - \sum_{x=0}^3 \phi(x;2.5)$$

$$P(4 \leq X \leq 6) = F(6;2.5) - F(3;2.5) = 0.9858 - 0.7576 = 0.2282$$

$$P(X \leq 3) = F(3;2.5) = 0.7576$$

Probabilidad que no ocurran fallas/mes

$$P(X=0) = \sum_{x=0}^0 \phi(x;2.5) = F(0;2.5) = 0.0821$$

Si se realiza un plan de mantenimiento coordinado estas probabilidades pueden bajar de una manera considerable. Ya que el promedio de fallas por mes disminuiría.

15.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En caso de desgaste de los sensores y de cierto empaque o desgaste de los elementos mecánicos por la fricción presente entre los engranes es necesario realizar los siguientes pasos:

- Localizar la falla
- Buscar la causa
- Reemplazar el equipo dañado o repararlo
- Verificar que está adecuadamente instalado y/o conectado
- Verificar si la falla fue por desgaste o falta de mantenimiento
- Tomar nota de la última vez que falló y programar un reemplazo

16. CONCLUSIONES

Este trabajo de pasantía realizado durante 6 meses en la empresa COCODELICIA, nos ha permitido cruzar los conceptos que se hemos adquirido durante el proceso de formación como futuros ingenieros electrónicos en la solución de un problema real y existente en la industria nacional colombiana. Lo más importante partiendo de una metodología en ingeniería muy utilizada para solucionar problemas de forma paralela teniendo en cuenta todas las fases del diseño.

La metodología del diseño concurrente ha permitido integrar el proyecto además se ha logrado realizar conceptualización detallada la cual parte desde las necesidades del cliente, su priorización y finalmente la selección del mejor concepto de diseño teniendo en cuenta criterios de ingeniería los cuales permiten plantear una solución funcional, estructurada, coherente acorde a las necesidades de la empresa COCODELICIA.

La unidad de procesamiento está integrada por 2 microcontroladores los cuales permiten gestionar cada una de las variables del sistema. Para la selección de estos dispositivos se tuvieron en cuenta el número de entradas y salidas en el proceso, módulos de conversión analógica digital, y modulación PWM. En el Microcontrolador DSPIC30F3011 se ha realizado la técnica VLS para el control en la velocidad del motor principal.

La empresa COCODELICIAS ha quedado satisfecha con la solución planteada ya que se ha tenido en cuenta todas las etapas de la metodología planteada desde el inicio, para plantear una solución acorde con el presupuesto que piensan destinar para llegar a su implementación. Dichas etapas son:

- Diseño conceptual
- Diseño a nivel del sistema
- Diseño detallado
- Prototipado
- Diseño para la seguridad industrial y medio ambiente
- Diseño para el mantenimiento
- Diseño para la manufactura
- Finalización del proyecto

17. RECOMENDACIONES

Se considera importante integrar unidad UPS's al diseño para dar soporte de energía cuando se presenten variaciones o altibajos en el suministro energético, ya que estas variaciones afectan directamente el proceso realizado por la máquina.

Es importante monitorear al inicio de cada proceso el sistema de dosificación existe la posibilidad que se presenten obstrucciones en las tuberías de dosificación por las características de algunos ingredientes.

El mantenimiento debe realizarse con cierta preciosidad y en la forma como lo expresa este documento.

BIBLIOGRAFIA

Automatización de Plantas de Tintas, Pinturas y Alimentos Concentrados
Documento informativo, 2010. [Consultado 18 de marzo de 2011] Disponible en
Internet <http://www.ni.com/niglobal/>

Automatismos Electrónicos Programables edición 4. Editado por universidad
Pontificia de Cataluña p.15

AYALA, Ulpiano; BERNAL, María Elisa y MÉNDEZ, Juana. Aspectos
sobresalientes de la automatización industrial en Colombia y su impacto sobre el
empleo. Desarrollo y sociedad, 2008. www.economia.uniandes.edu.co

ENRIQUE, Amolet. Administración de la producción como ventaja competitiva
edición 2 p.17

Importancia de las buenas prácticas de manufactura cafeterías y restaurantes
documento informativo disponible en Internet. [Consultado el 10 julio de 2011 *

Instrumentación para la industria de alimentos. [Consultado 5 de julio de 2011]
Disponible en Internet:
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=378&edi=16>

Juan domingo Peña. Introducción a los Autómatas Programables Pág58 19

Las mypimes en Colombia: evolución, desarrollo y fomento Disponible en Internet
<http://sirem.supersociedades.gov.co/SIREM/files/estudios/LasmipymesenColombia.pdf>

Mandado Pérez, Enrique (2007), Microcontroladores PIC, Sistema integrado para
el Auto aprendizaje, Primera Edición, MARCOMBO Ediciones Técnicas, Barcelona
(España).

MOYA, Eduardo J. Automatización en la industria alimentaria. Director del Área de Instrumentación y Control de Procesos. Disponible en internet: <http://www.ctnc.es/recursos/publico/Ponencias%20IV%20Symposium/EduardoMoya.pdf>

Normas de aseguramiento de calidad para MIPYMES documento informativo disponible en Internet. Consultado por última vez 5 junio de 2011.
<http://www.monografias.com/trabajos13/mipy/mipy.shtml#b>

PEÑA CAÑAS, Luis Alejandro. Tesis. “estudio para la reducción de los costos de producción mediante la automatización de los finales de línea de la planta dressing en la empresa unilever andina Colombia Ltda. Disponible en Internet: [Consultado 1 de marzo de 2011], <http://74>.

ANEXOS

Anexo A. programación en lenguaje C del controlador para el motor trifásico Técnica de modulación de vectores Espaciales con dsPIC30F3010.

```
void SVM(void) {    //función principal
while (1) {
F = ADC_Dato;
m = (F*1)/60.0;
wtp = 2*3.141592654*F;
tf = (1.0/F)*.16666666;
T3p2 = 1199;
while(F == ADC_Dato) {
Calcula();
ADC_Lectura();
}
}
void Calcula(void) {
S = 1;
while(S <= 6 ) {
t = 0;
while(t <= tf) {
wt0 = wtp*t;
wt = wt0 + (3.141592654/6);
wt = wt*100;
Coseno(wt);
T1 = 23980000*.866025403*.0001*rcos*m;
wt = (1.570796327 - wt0)*100;
Coseno(wt);
T2 = 23980000*.866025403*.0001*rcos*m;
T3p = (T1 + T2)/2;
T3 = T3p2 - T3p;
PWMCON2bits.UDIS = 1;
switch (S) {
case (1):
PDC1 = (T1 + T2 + T3);
PDC2 = (T2 + T3);
PDC3 = (T3);
break;
case (2):
PDC1 = (T1 + T3);
PDC2 = (T1 + T2 + T3);
PDC3 = (T3);
break;
case (3):
PDC1 = (T3);
PDC2 = (T1 + T2 + T3);
PDC3 = (T2 + T3);
break;
case (4):
PDC1 = (T3);
PDC2 = (T1 + T3);
PDC3 = (T1 + T2 + T3);
break;
case (5):
PDC1 = (T2 + T3);
PDC2 = (T3);
PDC3 = (T1 + T2 + T3);
break;
case (6):
```

```

PDC1 = (T1 + T2 + T3);
PDC2 = (T3);
PDC3 = (T1 + T3);
break;
default:
break;
}
PTCONbits.PTEN = 1;
while (IFS2bits.PWMIF == 0) {
asm("nop");
}
PWMCON2bits.UDIS = 0;
IFS2bits.PWMIF = 0;
t = t + .0001;
}
}
return;
}

```